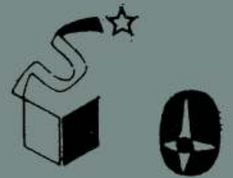
ಪುಸ್ತಕ 3

ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ

ಎ.ಐ.ಕಿತ್ತೈಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು



ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ
ಪುಸ್ತಕ 3

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು

ಎ.ಐ. ಕಿತ್ತೈಗೊರೋದ್ಸ್ಕಿ

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು

ಅನುವಾದ: ವಿ.ಆರ್. ತಿರುವೆಂಕಟಾಚಾರ್



ಮಿರ್ ಪ್ರಕಾಶನ
ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟ, ಮಾಸ್ಕೋ



ಅಧಿಕೃತ ವಿತರಕರು
ನವಕರ್ನಾಟಕ ಪಬ್ಲಿಕೇಷನ್ಸ್ ಪ್ರೈವೇಟ್ ಲಿಮಿಟೆಡ್
ಬೆಂಗಳೂರು

Физика для всех
Книга 3
А.И. Китайгородский

Электроны
Издательство "Наука"

A.I. Kitaigorodsky
PHYSICS FOR EVERYONE BOOK 3
ELECTRONS

in Kannada

ISBN 5-03-000256-1

ಮುನ್ನುಡಿ

ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆಯ ಮೊದಲನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳು ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳು ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲಾಯಿತು. ಎರಡನೆಯದರಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯದ ಆಣವಿಕ ರಚನಾಕ್ರಮ ಮತ್ತು ಆಣವಿಕ ಚಲನೆ ಇವುಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲಾಯಿತು.

ಮಾಲೆಯ ಈ ಮೂರನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯದ ವೈದ್ಯುತ ರಚನಾಕ್ರಮ, ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಬಲಗಳು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಇದರ ಮುಂದಿನದಾದ ನಾಲ್ಕನೆಯದರಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು, ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಬಲಗಳು ಈ ವಿಷಯಗಳ ವಿವರಣೆ ಇರುವುದು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ಮಾಲೆಯ ನಾಲ್ಕು ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಎಲ್ಲಾ ಮೂಲಭೂತ ಭಾವನೆಗಳ ಮತ್ತು ನಿಯಮಗಳ ನಿರೂಪಣೆ ಇರುವುದು. ಮಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಮುಂದಿಟ್ಟಿರುವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಭೌತಿಕ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸು

ವುದಕ್ಕೂ, ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿ ಕೊಡುವುದಕ್ಕೂ, ಭೌತಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ ವಿಕಾಸದ ಒಂದು ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ಮಾಡಿಕೊಡುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನವು ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಕ್ಕೆ ಮೂಲಾಧಾರವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಅತ್ಯಂತ ಸಾಮಾನ್ಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಥಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಆಗುವಂತೆ ಆರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಒಂದೇ ತಲೆಮಾರಿನ ಜೀವಿತ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನವು ತೀವ್ರ ವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಾಡಾಗಿದೆ. ಅದರ ಅನೇಕ ಅಧ್ಯಾಯಗಳು, ಪ್ರಚಂಡ ಮಹತ್ವವುಳ್ಳ ಸ್ವತಂತ್ರ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಾಖೆಗಳಾಗಿವೆ. ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ದಲ್ಲಿ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲಭೂತ ತತ್ವಗಳಲ್ಲಿ ಪಾರಂಗತನಾಗಿ ದ್ದಷ್ಟಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರವೇ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸವು ಪೂರ್ಣವಾಯಿತು ಎಂದು ಈಗ ಭಾವಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. **"ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ"**ದ ಉದ್ದೇಶವು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ತತ್ವಗಳ ನಿಖರವಾದ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಪಡೆದು ಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಇತ್ತೀಚಿನ ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನಡೆದಿರುವ ಹೊಸ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಯಾವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಅರಿಯು ವುದಕ್ಕೂ ಸಹಾಯಕವಾಗುವ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆಯಾಗಿರಬೇಕೆಂಬುದೇ ಆಗಿದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆಯನ್ನು ಒಂದು ಶಿಕ್ಷಣ ಸಹಾಯಕ ಸಲಕರಣೆ ಯಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಕ್ಕೆ ಪುರವಣಿಯಾಗಿಯೂ ಇರುವಂತೆ ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ಇದು ಒಂದು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕವಲ್ಲ ಎಂದು ವಾಚಕ ನಿಗೆ ಒತ್ತಿ ಹೇಳಬೇಕಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗಾಗಿ ಬರೆಯ ಲಾಗಿದೆ. ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಆ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಪರಿಣತಿಯಿಲ್ಲದ ವಾಚಕನಿಗೆ ಅರ್ಥವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದೇ ಇದರ ಉದ್ದೇಶ. ಒಂದು

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಿಷಯಕ್ಕೆ ವಿನಿಯೋಗಿಸ ಲಾಗುವ ಸ್ಥಳದ ಪರಿಮಾಣವು ಆ ವಿಷಯವನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯು ಗ್ರಹಿಸುವುದರಲ್ಲಿನ ಕಷ್ಟವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ವಾಚಕನಿಗಾಗಿ ಬರೆದಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಈ ನಿಯಮವಿರು ವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, ನಾನಾ ಪುಟಗಳು ಏಕರೀತಿಯ ಸರಳತೆಯಿಂದ ಓದಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ. ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೆಂದರೆ, ಹಲವು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಅಧ್ಯಾಯಗಳ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ವಿವರಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡಿ, ಹಳೆಯ ವಿಷಯವನ್ನು ಸಂಕ್ಷೇಪಿಸಿ, ಹೊಸ ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಳಾವಕಾಶವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಪ್ರಸಕ್ತ ಪುಸ್ತಕ **ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು** ಎಂಬುದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಎರಡು ಮಾತುಗಳು. ವೈದ್ಯುತ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸ ಲಾದ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ಭಾವನೆಗಳ ನಿರ್ದೇಶನಗಳನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ನೆನಪು ಮಾಡಿಕೊಡುವುದರ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಅಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ರೀತಿ ಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಘಟನಾತ್ಮಕ ನಿರೂಪಣೆಯ (phenomenological approach) ಒಂದು ಭಾವ ವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದೇನೆ.

ಆರು ಅಧ್ಯಾಯಗಳ ಪೈಕಿ ಎರಡು ಅನ್ವಯಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ (applied physics) ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. ವೈದ್ಯುತ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪವನ್ನು ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ ವಿವರಿಸಿದೆ. ಹೆಚ್ಚು ವಿವರಗಳ ನ್ನೊಳಗೊಂಡ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ನಕ್ಷೆಗಳು ಮತ್ತು ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸ ಬೇಕಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿನ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ವೈದ್ಯುತ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದ ಮೂಲಭೂತ ತತ್ವಗಳಿಗೆ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲರೂ ಅರಿತಿರ ಬೇಕಾದ ಹಲವು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಮಿತಿಗೊಳಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಯಿತು.

ರೇಡಿಯೋಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅಧ್ಯಾಯದ ವಿಷಯವೂ ಹೀಗೆಯೇ. ಪುಸ್ತಕದ ಗಾತ್ರದ ಇತಿಮಿತಿಯಿಂದಾಗಿ, ನಿರೂಪಿತ ವಿಷಯವನ್ನು ಹೊಸದಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ವಿಷಯಗಳಿಗೂ ಮುನ್ನಡೆಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದ ಮೂಲಾಂಶಗಳಿಗೂ ಮಿತಿಗೊಳಿಸ ಬೇಕಾಯಿತು.

ಎ. ಕಿತ್ಯೆಗೊರೋದ್‌ಸ್ಕಿ

ವಿಷಯ ಸೂಚಿಕೆ

3. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತತೆ

1. ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ

ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನು ದೃಷ್ಟಾಂತವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ತೋರಿಸುವ ಓದುಗರಿಗೆ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಾಗಿ ಇಂದ್ರಿಯ ಗೋಚರವಾದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಆಧಾರ ಹೊಂದಿರುವ (phenomeno-logical) ಮಾರ್ಗ ಒಂದನ್ನು ಪರಿಚಯಮಾಡಿಕೊಡುವುದು ಸಾಧ್ಯ (ಮತ್ತು ಅವಶ್ಯಕವೂ ಹೌದು). "Phenomenon" [ವಿದ್ಯಮಾನ, ಸಂಭವ] ಎಂಬ ಪದವು ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯ "ಕಂಡುಬರುವ" ಎಂಬ ಅರ್ಥಕೊಡುವ ಪದದಿಂದ ಉಂಟಾಗಿದ್ದು, ವೆಬ್‌ಸ್ಟರ್ ನಿಘಂಟುವಿನಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿದೆ : "ಇಂದ್ರಿಯಗಳಿಗೆ ವೇದ್ಯವಾಗುವ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ಣಿಸಲಾಗುವ ಅಥವಾ ವಿಮರ್ಶಿಸಲಾಗುವ, ಯಾವುದೇ ವಿಷಯ, ಸಂಭವ ಅಥವಾ ಅನುಭವ." ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿರುವ ಮಾರ್ಗವು ಮುಂದೆ ಹೇಳುವಂತೆ ಇರುವುದು. ಸಂಶೋಧಕನಿಗೆ "ವಿಷಯುಗಳ ಸ್ವಭಾವ"ದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಆತನು ಪದಗಳನ್ನು ಸಂಭವಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಉಪಯೋಗಿಸುವನು. ಆತನ ಗುರಿಯು ಸಂಭವಗಳ 'ವಿವರಣೆ' ಅಲ್ಲ, ಅವುಗಳ ವರ್ಣನೆ ಮಾತ್ರ. ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಮೂಲಕ ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿಕೊಂಡರೆ ಮಾತ್ರ, ಆತನು ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಬಳಸುವ ಪರಿಭಾಷೆಯು ಅವನಿಗೆ ಅರ್ಥವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಆತನು ಹಲವು ಸಹಾಯಕ ಹೆಸರುಗಳ ಬಳಕೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವುದು

ವಿಷಯುಗಳ ಪದಶಃನಿರೂಪಣೆಯ ಸೌಕರ್ಯಕ್ಕೋಸ್ಕರ. ಆದರೆ ಈ ಹೆಸರುಗಳ ಪಾತ್ರವು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲೂ ಪ್ರಧಾನವಾದುದಲ್ಲ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಬೇರೆ ಹೆಸರುಗಳನ್ನು ಅಷ್ಟೇ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು, ಅಥವಾ "ಯಾವುದೋ ಒಂದು" ಎಂದೂ ಹೇಳಬಹುದು.

ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಘಟನಾತ್ಮಕ ಮಾರ್ಗವು (phenomenological method) ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ. ಈ ಮಾರ್ಗದ ಸಾರಾಂಶ ವನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ವಿವರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಘಟನೆಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಉಪ ಯುಕ್ತವಾದವುಗಳು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಾಸ್ತ್ರದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿನ ವಾಸ್ತವಿಕ ಘಟನೆಗಳ ಅನುಕ್ರಮವನ್ನು ಈ ಅಧ್ಯಾಯದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶಿಸುವೆ. ಈಗ ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಭವ ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಘಟನಾತ್ಮಕ ತತ್ವವಿಕಾಸದ ಒಂದು ಆದರ್ಶ ರೂಪರೇಖೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲು ಬಯಸುತ್ತೇನೆ.

ಮೊದಲಿಗೆ, ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ಆಗಸ್ಟಿನ್ ಡಿ ಕೂಲಾಂಬ್ (1736–1806), ಅಲೆಸ್ಸಾಂಡ್ರೊ ವೋಲ್ಟ (1745–1827), ಜಾರ್ಗ್ ಸೈಮನ್ ಓಮ್ (1787–1854), ಆಂಡ್ರೆ ಮಾರಿ ಆಂಪೇರ್ (1775–1836), ಹಾನ್ಸ್ ಕ್ರಿಸ್ಟಿಯನ್ ಏರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ (1777–1851), ಹೈನ್ರಿಕ್ ಫ್ರೀಡ್ರಿಕ್ ಎಮಿಲ್ ಲೆಂಟ್ಸ್* (1804–1865) ಮತ್ತು ಇಂತಹ ಇತರ ವೈಜ್ಞಾನಿಕರನ್ನೆಲ್ಲಾ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಒಬ್ಬನೇ ಒಬ್ಬ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ವ್ಯಕ್ತಿಯನ್ನು ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ಈ ಸಂಸ್ಥಾರೂಪದ ವ್ಯಕ್ತಿಗೆ ಆಧುನಿಕ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಚಾರಶಕ್ತಿ ಇದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ, ಮತ್ತು ಇಂದಿನ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಪರಿಭಾಷೆಯ ಪೂರ್ಣ ಸಮುಚ್ಚಯವನ್ನೇ ಆತನಿಗೆ ಒದಗಿಸೋಣ. ಈ ಸಂಕೀರ್ಣ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ನಮ್ಮ ಮುಂದಿನ ಚರ್ಚೆಯಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಲಿರುವನು.

ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಘಟನಾತ್ಮಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಒಂದನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಆತನು

---

* ಸ್ವದೇಶವಾದ ರಷ್ಯದಲ್ಲಿ ಎಮಿಲ್ ಕ್ರಿಸ್ಟಿಯನೋವಿಚ್ ಲೆಂಟ್ಸ್ ಎಂದು ಈತನ ಹೆಸರು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ಆರಂಭಿಸುವನು. ಕೋಶವು ಎರಡು "ಧ್ರುವ"ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆಂಬುದೇ ಆತನು ಗಮನಿಸುವ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ. ಅವುಗಳನ್ನು ತನ್ನ ಎರಡು ಕೈಗಳಿಂದ ಮುಟ್ಟಿದಾಗ ಅದರ ತಂಟೆಗೆ ಹೋಗಬಾರದೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯುವನು (ಆಘಾತವು ತುಂಬ ತೀವ್ರತರವಾದದ್ದಾಗಿಯೇ ಇರಬಹುದು). ಆದರೆ ಈ ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ಮೇಲೆ, ಆತನಿಗೆ ತನ್ನ ಶರೀರದ ಮೂಲಕ ಏನೋ ಒಂದು ಹಾದು ಹೋಯ್ತೆಂದು ಹೊಳೆಯಬಹುದು; ಈ "ಏನೋ ಒಂದನ್ನು" ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಎಂದು ಕರೆಯೋಣ.

ಪುನಃ ಆಘಾತವಾಗದಂತೆ ಅತಿ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ, ಆತನು ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳನ್ನು (ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ ತುದಿಗಳು) ವಿಧವಿಧವಾದ ತಂತಿಗಳು, ಸಲಾಕೆಗಳು ಮತ್ತು ಹುರಿಗಳು ಇವುಗಳಿಂದ ಸೇರಿಸುತ್ತಾನೆ. ಆಗ ಅವನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ : ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳೊಡನೆ ತಾಕಿಸಿದ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಹೆಚ್ಚು ಕಾವುಗೊಂಡವು, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಕೇವಲ ಬೆಚ್ಚಗಾದವು ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಕಾವು ಕಾಣಬರಲಿಲ್ಲ.

ತಾನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿಷಯದ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ಪದಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಂಡು, ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ಅದರ ವಿಷಯವಾಗಿ ಹೀಗೆ ಹೇಳುತ್ತಾನೆ : "ನಾನು ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಒಂದು ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಸೇರಿಸಿದಾಗ, ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ನಾನು ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇನೆ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಸ್ತುಗಳು ಈ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾವುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಸ್ವಲ್ಪವೇ ಕಾವುಗೊಳ್ಳುವವುಗಳು ನಿಕೃಷ್ಟವಾದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ "ವಾಹಕ"ಗಳು ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ನೀಡುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಅವುಗಳನ್ನು **ಅವಾಹಕಗಳು** ಅಥವಾ **ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳು** ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು."

ಇದಾದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ದ್ರುವಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು

ನಡೆಸಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸುವನು. ಪುನಃ ಆತನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವನು. ಕೊನೆಯದಾಗಿ ಅವನು ಒಂದು ಕುತೂಹಲಕರವಾದ ವಿಷಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವನು : ಕಾಪರ್ ಸಲ್ಫೇಟ್ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲದ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳನ್ನು (ಧ್ರುವ ಗಳಿಗೆ ಸೇರಿಸಲಾಗುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಹೀಗೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ) ಮುಳುಗಿಸಿದಾಗ, ಇಂಗಾಲದ ತುಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರ ಮೇಲೆ ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣದ ತಾಮ್ರದ ಪೊರೆ ಹರಡಿರು ವುದನ್ನು ನಮ್ಮ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕಾಣುತ್ತಾನೆ.

ಈ ಘಟ್ಟವನ್ನು ತಲಪಿದಾಗ, ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನಿಗೆ ತಾನು ಪರಿಶೀಲಿಸು ತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಯಾವುದೋ ಜಾತಿಯ ದ್ರವದ ಹರಿವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರ ಬೇಕೆಂದು ಮನದಟ್ಟಾಗುವುದು. ಆಗ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಕುರಿತು ಹೇಳುವುದು ಅರ್ಥವತ್ತಾಗಿರುವುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ತಾಮ್ರದ ಪೊರೆ ಹರಡಿರುವ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವವನ್ನು ಋಣ ಚಿಹ್ನೆಯಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಮತ್ತೊಂದು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವವನ್ನು ಧನ ಚಿಹ್ನೆ ಯಿಂದಲೂ ಗುರ್ತಿಸುವುದಾಗಿ ಒಂದು ಒಪ್ಪಂದಕ್ಕೆ ಬರೋಣ. ಪ್ರತಿಸಲವೂ "ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ" ಮತ್ತು "ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ" ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಉದ್ದದ ಮಾತು ಗಳುಳ್ಳದ್ದಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಅನಾನುಕೂಲಕರವಾದುದಾಗಿಯೂ ಇರುವುದರಿಂದ, ಇವಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ "ಕ್ಯಾಥೋಡ್" ಮತ್ತು "ಆನೋಡ್" ಎಂಬ ಪದಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಧನದಿಂದ ಋಣಕ್ಕೆ, ಅಂದರೆ ಆನೋಡಿ ನಿಂದ ಕ್ಯಾಥೋಡಿಗೆ ಸಂಭವಿಸುವುದು.

ಆದರೆ ಇಷ್ಟಕ್ಕೇ ನಾವು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿರುವ ವಿಷಯದ ಮೌಲ್ಯವು ಮುಗಿದಂತೆ ಆಗಲಿಲ್ಲ. ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿಯೂ ತಾಮ್ರದ ಒಂದೇ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಕ್ಯಾಥೋಡಿನ ಮೇಲೆ ಪೊರೆಕಟ್ಟುವುದು ಎಂದು ಸ್ಥಿರಪಡುತ್ತದೆ. ತಾಮ್ರದ ಪರಮಾಣುಗಳು ವಿದ್ಯುತ್‌ದ್ರವವನ್ನು ಸಾಗಿಸುವುವು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಂಶೋಧಕನು ಎರಡು ಹೊಸ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಅಳವಡಿ ಸುವನು. ಮೊದಲಿಗೆ, ತಾಮ್ರದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ M ಎಂಬುದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪರಿಪಥದ

(electric circuit) ಮೂಲಕ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮೊತ್ತ q ಗೆ ಅನುಲೋಮ ಸಂಬಂಧ ಹೊಂದಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸುವನು. ಅಂದರೆ

$$q = kM$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಮುಂದಿಡುವನು. ಇದರಲ್ಲಿ k ಎಂಬುದು ಅನುಲೋಮ ಗುಣಾಂಕ. ಇದಾದಮೇಲೆ ಆತನು ಕಾಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಹಾಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮೊತ್ತವನ್ನು **"ಪ್ರವಾಹಸತ್ವ"** ಅಥವಾ, ಸುಲಭವಾಗಿಯೇ **"ಪ್ರವಾಹ"** ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದಾಗಿ ಸಲಹೆ ಮಾಡುತ್ತಾನೆ :

$$I = \frac{q}{\tau}$$

ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ಈಗ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಪದ್ಯುಕ್ತನಾಗಿದ್ದಾನೆ. ಪರಿಪಥದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಕಾಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತದಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಪ್ರವಾಹ, ಅಂದರೆ, ಕಾಲದ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತದಿಂದಲೂ, ಆತನು ಈಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಎರಡು ಅಳೆಯಬಹುದಾದ ಮೊತ್ತಗಳಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಲ್ಲನು.

ಇದು ಒಂದು ಹೊಸ ಅವಕಾಶ ಕಲ್ಪಿಸುತ್ತದೆ : ಆತನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೂಲಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಬಹುದು. ಆತನು ಪ್ರವಾಹ I ಅನ್ನೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ತಂತಿಯ ತುಂಡಿನಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಪಡುವ ಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತ Q ಅನ್ನೂ ಅಳತೆಮಾಡುವನು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಾಹಕಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ, ಸಂಶೋಧಕನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವುದೇನೆಂದರೆ, ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತ ಮತ್ತು ಪ್ರವಾಹ– ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರವಾಹ ಮೂಲಗಳಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಅನುಪಾತಕ್ಕೆ ಒಂದು ಪದವನ್ನು ರೂಪಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಅದಕ್ಕೆ **ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ** (Voltage) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಯ್ತು. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ, ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದು.

ಈ ಕೊನೆಯ ಹೇಳಿಕೆಯು, ನಮ್ಮ ಪದಗಳ ಆಯ್ಕೆಗೆ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ

2—0264

ಸಮರ್ಥನೆ ಕೊಡುವುದು. ಒಂದು ಭಾರ ತುಂಬಿದ ಸರಕುಬಂಡಿಯನ್ನು ಎಳೆಯಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ ನಾವು ಹೆಚ್ಚು ಬಿಸಿಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ (ಅನೇಕ ವೇಳೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಕರ್ಷಣವೆಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗುವುದು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತೀವ್ರ–ಕರ್ಷಣ ಪ್ರವಾಹಿ : high-tension current). ಈಗ ರೂಢಿಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು V ಎಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದರೆ,

$$V = \frac{Q}{q}, \quad \text{ಅಥವಾ} \quad Q = VI\tau$$

ಎಂದಾಗುವುದು. ಹೀಗಾಗಿ, ನಾವು ಮೊದಲ ಹೆಜ್ಜೆಗಳನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟಂತಾಯ್ತು. ಎರಡು ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದೆ. ದ್ರವಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ದ್ರವ್ಯವನ್ನು ನಿಕ್ಷೇಪಮಾಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣವು ನಾವು ಅಳೆಯಬಹುದಾದಂತಹ ವಿಷಯ. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿದೆ, ಅಂದರೆ **ಈ ಭಾವನೆಯ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.** ಇದರಿಂದ ಸಿದ್ಧಿಸುವ ಭಾವನೆಗಳಿಗೂ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ : ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ.

ಹಲವು ಸರಳರೂಪದ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು Q/q ಎಂಬ ಅನುಪಾತವು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು **ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುಕ್ಕೆ** ಬದಲಾಗಿ ಅದನ್ನು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ. ಎಂದು **ಕರೆದನು.**

ಈಗ ಆತನು ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಹುಡುಕಲು ಆರಂಭಿಸುವನು. ಒಂದೇ ವಾಹಕದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು : ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಉಷ್ಣ, ಅಥವಾ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ. (ತತ್ವಶಃ ಇದು ಅದೇ ಅರ್ಥವುಳ್ಳದ್ದು).

ಪ್ರವಾಹವು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಹೇಗೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದೆಂಬುದರ ಪರಿಶೀಲನೆ

ಯಿಂದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ನಿಯಮವು ಹೊರಪಡುವುದು. ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಾಹಕಗಳು ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಾಲಿಸುತ್ತವೆ :

$V = IR$

R ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು **ಪ್ರತಿರೋಧ** ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು; ಇದು ಆರಂಭದಲ್ಲಿನ ಗುಣಾತ್ಮಕ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಗೆ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಹೊಂದಿಕೆಯಾಗಿರುವುದು. ವಾಚಕನು ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಿರಲೇಬೇಕು; ಅದು **ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮ.** ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮದಿಂದ ಪ್ರವಾಹದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ನಮ್ಮ ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಆದೇಶ ಮಾಡಿದರೆ,

$$Q = \frac{V^2}{R} \tau$$

ಎಂದು ಆಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವಾಹಕವು ಉಷ್ಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಂಜಕವನ್ನು ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವುದು ನಿಮ್ಮನ್ನು ಗೊಂದಲಕ್ಕೆ ಗುರಿಮಾಡುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ನಂಬಿರುತ್ತೇನೆ :

$Q = I^2 R \tau$

ಈ ಎರಡು ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದರಿಂದ ಹೊರಪಡುವುದೇನೆಂದರೆ, ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತವು ಪ್ರತಿರೋಧಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವಿರುವಾಗ ಎಂದು ಸೇರಿಸಿದರೆ ಇದು ಸರಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನಾವು "ಪ್ರತಿರೋಧ" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಮೊದಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಇದನ್ನೇ ಗಮನ ದಲ್ಲಿಟ್ಟಿದ್ದುದು. ಉಷ್ಣದ ಮೊತ್ತವು ಪ್ರತಿರೋಧಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವು ದೆಂದು ತೋರಿಸುವ ಎರಡನೆಯ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಈ ಷರತ್ತನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕು : ಪ್ರವಾಹವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿದ್ದಾಗ.

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನೂ ಜೇಮ್ಸ್ ಪ್ರೆಸ್ಕಾಟ್ ಜೂಲ್ (1818–1889) ಮತ್ತು ಲೆಂಟ್ಸ್ ಇವರುಗಳ ಹೆಸರಿನ ನಿಯಮ (ಅಂದರೆ ಜೂಲ್-ಲೆಂಟ್ಸ್ ನಿಯಮ) ಎಂಬುದನ್ನು ವಾಚಕನು ಗುರ್ತಿಸಿರಬೇಕು.

ಹೀಗೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಮತ್ತು ಪ್ರವಾಹ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಮಾಣಾನುಗುಣ

ಸಂಬಂಧವಿರುವುದನ್ನೂ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಒಂದು ವಾಹಕದ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನೂ ಗೊತ್ತುಮಾಡಿಕೊಂಡು ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಮುಂದಿಡುವನು :

ಈ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪರಿಮಾಣವು ವಾಹಕದ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ತಯಾರಿಸಿರುವ ಪದಾರ್ಥಕ್ಕೂ ಹೇಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿದೆ ?

ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮುಂದಿನ ವಿಷಯವನ್ನು ಹೊರಪಡಿಸುತ್ತವೆ :

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ l ಎಂಬುದು ವಾಹಕದ ಉದ್ದ, ಮತ್ತು A ಅದರ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ. ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಅಪ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತವಿರುವ ಒಂದು ರೇಖಾತ್ಮಕ ವಾಹಕದೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವಾಗ ಈ ಸರಳ ಸಮೀಕರಣವು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದು. ಅವಶ್ಯಕವಾದಾಗ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕಾದ ಗಣಿತ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಯಾವುದೇ ಆಕಾರದ ವಾಹಕದ ಪ್ರತಿರೋಧ ಸೂತ್ರವನ್ನು ನಾವು ಬರೆಯಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ ρ ಎಂಬ ಗುಣಾಂಕವು ಯಾವುದು ? ಅದು ವಾಹಕವನ್ನು ತಯಾರಿಸಿರುವ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ. **ನಿರೋಧಕತ್ವ** (resistivity) ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಈ ಪರಿಮಾಣದ ಮೌಲ್ಯವು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು. ವಿವಿಧ ಪದಾರ್ಥಗಳ ನಿರೋಧಕತ್ವವು ನೂರಾರು ಕೋಟಿಗಳಷ್ಟು ಸಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಮುಂದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರಲಿರುವ ಹಲವಾರು ಬಾಹ್ಯರೂಪದ ಸೂತ್ರ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸೋಣ. ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮವನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು:

$$I = \frac{VA}{\rho l}$$

ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೂ ವಾಹಕದ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತವು ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಒಂದು ಪರಿಮಾಣ. ಇದನ್ನು **ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆ** (current density) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವುದು ಮತ್ತು

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ j ಎಂಬ ಅಕ್ಷರದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗುವುದು. ಆಗ ಅದೇ ನಿಯಮವನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು :

$$j = \frac{1}{\rho} \frac{V}{l}$$

ಇಲ್ಲಿಗೆ ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಎಲ್ಲಾ ವಿಷಯವೂ ಹಸ್ತಗತ ವಾಯ್ತೆಂದು ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ತಿಳಿಯುವನು. ಆತನಿಗೆ ಪ್ರತಿರೋಧ ತಿಳಿದಿರುವ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ವಾಹಕಗಳ ನಿರ್ವಹಣೆ ಇದ್ದರೆ, ಸಂಶೋಧಕನು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ (calorimeter) ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ತೊಡಕಿನ ವಿಧಾನವನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸಬಹುದು : ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿರೋಧ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವೆಂದು ಆತನಿಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ.

ಆದರೆ ಈ ಹೇಳಿಕೆಯನ್ನು ಪರಿಷ್ಕರಿಸಬೇಕಾಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಸಂಶೋಧಕನು ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವನು. ಒಂದೇ ಆದ ಪ್ರವಾಹ ಮೂಲವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಅದರ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರತಿರೋಧಕಗಳ ಮೂಲಕ ಸೇರಿಸುತ್ತಾನೆ. ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರವಾಹವು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು ಸಹಜ. ಆದರೆ, ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿರೋಧ ಇವುಗಳ IR ಎಂಬ ಗುಣಲಬ್ಧವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವನು. ಇದುವರೆಗೂ ವಿವರಿಸಲ್ಪಡದಿರುವ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗ ಪ್ರತಿರೋಧವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋದಂತೆಲ್ಲಾ IR ಗುಣಲಬ್ಧವು ಒಂದು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿರ ಹತ್ತಿರ ಸಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನಿಗೆ ಕಂಡು ಬರುವುದು.

ಈ ಮಿತಿಯನ್ನು $\mathscr{E}$ ಎಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಮತ್ತು ಪ್ರವಾಹ ಇವುಗಳ ಅಳತೆಯಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಿದ ಸೂತ್ರದೊಡನೆ ತಾಳೆ ಹೊಂದದೆ ಇರುವ ಸೂತ್ರವು ಲಭ್ಯವಾಗುವುದು. ಈ ಹೊಸ ಸೂತ್ರವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ :

$$\mathscr{E} = I\,(R + r)$$

ಎಂತಹ ವಿಚಿತ್ರ ಅಸಂಬದ್ಧತೆ !

ಸ್ವಲ್ಪ ಯೋಚಿಸಿದ ಮೇಲೆ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅಸಂಬದ್ಧತೆ ಏನೂ ಇಲ್ಲವೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತೇವೆ. ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಚಯನ ಕೋಶದ ತುದಿಗಳನ್ನು ಕೂಡಿಸುವ ವಾಹಕವನ್ನು ಕುರಿತು ಮಾತ್ರ ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿ ಇದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಸಂಚಯನ ಕೋಶ ದಲ್ಲಿಯೂ ಉಷ್ಣವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು (ಕೋಶವನ್ನು ನಮ್ಮ ಬೆರಳುಗಳಿಂದ ಮುಟ್ಟಿ ಇದನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು). ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶವು ತನ್ನದೇ ಆದ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಹೊಸ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ *r* ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣದ ಅರ್ಥವು ಸ್ಪಷ್ಟ; ಅದು ಪ್ರವಾಹ ಮೂಲದ ಆಂತರಿಕ ಪ್ರತಿರೋಧ, $\mathscr{E}$ ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಹೆಸರು ಕೊಡಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಆರಿಸಲಾಗಿರುವ ಹೆಸರು ಬಹಳ ಉಚಿತ ವಾದುದೆಂದು ಸಮರ್ಥಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. $\mathscr{E}$ ಎಂಬ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು **ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲ** (electromotive force) (emf) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆಯಾದರೂ, ಅದು ಬಲಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಅರ್ಥವನ್ನಾಗಲಿ ಪರಿಮಾಣವನ್ನಾಗಲಿ ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಎರಡು ಸೂತ್ರಗಳೂ ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮವೆಂದೇ ಕರೆಯಲ್ಪಡಲಾಗುತ್ತ ಬಂದಿವೆ (ಚಾರಿತ್ರಿಕ ನಿಷ್ಪಕ್ಷಪಾತತ್ವವನ್ನು ಪಾಲಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ), ಆದರೆ ಮೊದಲನೆಯದು ಪರಿಪಥದ ಒಂದು ಭಾಗಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮ, ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯದು ಪೂರ್ಣ ಪರಿಪಥಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದ ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮ.

ಇಲ್ಲಿಗೆ, ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ವಿಶದಪಡಿಸಿದಂತಾಯಿತು. ಏಕಮುಖ ಪ್ರವಾಹದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಆದರೂ ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನಿಗೆ ಇನ್ನೂ ತೃಪ್ತಿಯಾಗಿಲ್ಲ. ಉಷ್ಣಮಾಪಕ ದಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡದೆ ಇದ್ದರೂ, ಅದನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು ತೀರ ಪ್ರಯಾಸಕರವಾಗಿರುವುದು. ಪ್ರತಿಸಲವೂ ಋಣ ವಿದ್ಯು ಧ್ರುವವನ್ನು ಅದರ ತಾಮ್ರ ಪೊರೆಯೊಡನೆ ತೂಕಮಾಡುವುದನ್ನು ಊಹಿಸಿ ನೋಡಿ ಕೊಳ್ಳಿ. ಸ್ವಲ್ಪದರಲ್ಲೆ ಹೇಳುವುದೇ ಆದರೂ, ಅದು ಅತ್ಯಂತ ಅನಾನುಕೂಲತೆ ಯುಳ್ಳದ್ದೆಂದು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಒಂದು ಸುದಿನದಂದು ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ಪ್ರವಾಹವಿರುವ ಒಂದು ವಾಹಕದ ಹತ್ತಿರ ಆಕಸ್ಮಾತ್ತಾಗಿ ಒಂದು ದಿಕ್ಸೂಚಿಯನ್ನು ಇಟ್ಟನು. ಇದು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಸಂಶೋಧನೆಯೇ ಆಯಿತು. ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಗಿದಾಗ ಕಾಂತೀಯ ಸೂಜಿಯು ತೀವ್ರವಾಗಿ ತಿರುಗಿತು, ಮತ್ತು ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಹಿಂದುಮುಂದು ಮಾಡಿದಾಗ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ತಿರುಗಿತು.

ಕಾಂತೀಯ ಸೂಜಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಭ್ರಾಮಕಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ವೀಕ್ಷಣೀಯವಾದ ಈ ಸಂಭವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಮಾಪಕ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ರಚಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದುದು ಭ್ರಾಮಕಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರವಾಹದ ಮೇಲೆ ಹೇಗೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಸ್ಥಿರ ಪಡಿಸುವುದು, ಅಷ್ಟೇ. ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಿಡಿಸಿ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಇವುಗಳ ಅಳತೆಗೆ ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಸೂಚಿ ಜಾತಿಯ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಪೂರ್ವಾರ್ಧದಲ್ಲಿ ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ನಿಯಮಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ನಮ್ಮ ಸಂಕೀರ್ಣ ಸಂಶೋಧಕನು ನೆರವೇರಿಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಯ ನಿರೂಪಣೆಯು, ಆತನು ಪ್ರವಾಹಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದನೆಂದು ಹೇಳದಿದ್ದರೆ ಪೂರ್ತಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಸಮಾನಾಂತರ ವಾಹಕಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರವಾಹಗಳು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನೂ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತತ್ವದ ನಿಯಮಗಳ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಮೇಲಿನ "ಪ್ಯಾರಾ" ಗಳಷ್ಟಕ್ಕೇ (paragraph) ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಮಿತಿಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ; ಈ ವಿಷಯಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ಇಡೀ ಅಧ್ಯಾಯವನ್ನೇ ವಿನಿಯೋಗಿಸಿದೆ. ಆದರೆ ಈ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಓದುಗನಿಗೆ ನೆನಪುಮಾಡಿಕೊಡಬೇಕಾಗಿದ್ದರ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ ಪ್ರವಾಹ, ವಿದ್ಯುದಂಶ (ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯ) ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರ (field) ಮುಂತಾದ

ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಬಂಧದ ಸಂಭವಗಳನ್ನು ವರ್ಣಿಸುವ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ಭಾವನೆಗಳು ಮತ್ತು ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಗಳು ಹೇಗೆ ಆಚರಣೆಗೆ ಬಂದವು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುದೇ ಆಗಿದೆ.

ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ

ಬಹು ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಬಂಧದವು ಎಂದು ಹೇಳಲ್ಪಟ್ಟ ಅನೇಕ ವಿಧದ ಸಂಭವಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯು ನಮ್ಮ ಆದರ್ಶ ಸಂಶೋಧಕನಿಗೆ ಇರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. 'ಅಂಬರ್' (ಕಾರುಬಾಮಣಿ) ಅಥವಾ ತುಪ್ಪಳದಿಂದ ಉಜ್ಜಿದ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ದಂಡ ಇವುಗಳ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣಗಳು, ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣಮಾಡಿರುವ ಎರಡು ಕಾಯಗಳ ನಡುವಿನಲ್ಲಿ ಕಿಡಿಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು ಇವುಗಳನ್ನು ದೀರ್ಘಕಾಲದವರೆಗೂ ಪರಿಶೀಲನೆ ಮಾಡಲಾಯ್ತು (ಅದಾಗಿ ಈ ಸಂಭವಗಳು ಆಕರ್ಷಕವಾದ ಪ್ರದರ್ಶನಗಳಿಗಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು). ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಮುಂದಿಡುವನು : ಒಂದು ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ ಪ್ರವಾಹಿಯೂ ಮತ್ತು ಯಾವುದಾದರೂ ಕಾಯದ ಮೇಲೆ, ಕಾಯವು "ವಿಸರ್ಜಿತವಾಗುವವರೆಗೂ" (discharged) ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಬಲ್ಲ ಪ್ರವಾಹಿಯೂ ಒಂದೇ "ವಸ್ತು"ವೇ ?

ನಾವು ತಿಳಿದಿರುವ ಹಿಂದಿನ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಸರಿದರೂ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಕೇಳುವುದು ಅವಶ್ಯಕವಲ್ಲವೇ : "ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು ಒಂದು ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ದ್ರವದಂತೆ ಹರಿಯಬಲ್ಲ ಒಂದು "ವಸ್ತು"ವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ಒಂದು "ಲೋಟದೊಳಕ್ಕೆ ಸುರಿಯಲು" ಬಹುದೇ ?"

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ನೇರವಾದ ಉತ್ತರವು ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನಿಗೆ ಬೇಕಾದರೆ, ಆತನು ಮುಂದೆ ಹೇಳುವ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನನುಸರಿಸಬೇಕು. ಮೊದಲಿಗೆ ಆತನು ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನುಳ್ಳ ಪ್ರವಾಹ ಮೂಲವನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು (ನಾವು ಇದುವರೆಗೂ ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಗಳನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿಲ್ಲ,

ಆದ್ದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ, ಬಿರುಸಾದ ಪ್ರವಾಹ, ಮುಂತಾದುವುಗಳಿಗೆ ಏನು ಅರ್ಥ ಎಂದು ಕೇಳಲು ವಾಚಕನು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲ ಕಾದಿರಬೇಕಾಗಿದೆ). ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶದ ಒಂದು ಧ್ರುವವನ್ನು ನೆಲಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿದೆ ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯ ಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಬಹಳ ತೆಳುವಾದ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ರೇಕಿನಿಂದ ಮಾಡಿದ ಸಣ್ಣ ಮತ್ತು ಟೊಳ್ಳಾದ ಒಂದು ಮಣಿಯನ್ನು ಇಟ್ಟಿದೆ. ಈ ಮಣಿಯನ್ನು ರೇಷ್ಮೆಯ ದಾರ ಒಂದರಿಂದ ತೂಗುಹಾಕಿದೆ. ಇಂತಹ ಮತ್ತೊಂದು ಮಣಿಯನ್ನು ಹೀಗೆಯೇ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈಗ ಎರಡು ಮಣಿಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ (ಅವುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳ ನಡುವಿನಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 2 ಮಿ.ಮೀ. ದೂರವಿರುವಂತೆ) ತರಲಾಗುವುದು. ಆಗ ಸಂಶೋಧಕನು ಸಂತೋಷದಿಂದಲೊ ಅಥವಾ ಆಶ್ಚರ್ಯದಿಂದಲೊ (ಅಥವಾ ನಿಮಗೆ ಸರಿಯೆನಿಸುವ ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ವಿಶೇಷಣದಂತೆ) ಕಾಣುವುದೇನೆಂದರೆ ಎರಡು ಮಣಿಗಳೂ ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ದಾರಗಳ ನಡುವಿನಲ್ಲಿನ ಕೋನ ಮತ್ತು ಮಣಿಗಳ ಗೊತ್ತಾದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳಿಂದ ಆತನು ಮಣಿಗಳ ನಡುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾದ ಬಲವನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಸಂಶೋಧಕನು ಮತ್ತೊಂದು ವಿಷಯವನ್ನೂ ದೃಢಪಡಿಸುವನು : ಮಣಿಗಳನ್ನು ಸಂಚಯನ ಕೋಶದ ಒಂದೇ ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ತಗುಲಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪರಿಪೂರಣ ಮಾಡಿದಾಗ, ಅವುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಮಣಿಯು ಒಂದು ಧ್ರುವದಿಂದಲೂ, ಇನ್ನೊಂದು ಮಣಿಯು ಮತ್ತೊಂದು ಧ್ರುವದಿಂದಲೂ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆದರೆ, ಅವುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು ದ್ರವದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದಾದ ಹಕ್ಕನ್ನು ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ನಾವು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಮತ್ತು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಇವರೆಡರೊಡನೆಯೂ ವ್ಯವಹರಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತದೆ.

ಸಂಶೋಧಕನು ಋಣ ಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ನಿಕ್ಷೇಪವಾಗುವ ತಾಮ್ರದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ತೂಕಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತ

ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದಾದುದರಿಂದ, "ಲೋಟದೊಳಕ್ಕೆ ಎಷ್ಟು ದ್ರವವನ್ನು ಸುರಿಯಲಾಯ್ತು", ಅಂದರೆ ಕೋಶದ ಧ್ರುವದಿಂದ ಮಣಿಯು ಪಡೆದಿರುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವೆಷ್ಟು ಎಂಬುದನ್ನು ಆತನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಸಂಶೋಧಕನು ಗಮನಿಸುವ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ : ವಿದ್ಯುತ್‌ಪರಿಪೂರಣ ಮಾಡಿದ ಮಣಿಯನ್ನು ಒಂದು ತಂತಿ ಅಥವಾ ಇತರ ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಭೂಮಿಗೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಮಣಿಯು ತನ್ನ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ತರುವಾಯ, ವಿದ್ಯುತ್ತು ತಂತಿಯು ಮೂಲಕ "ಸ್ರವಿಸುವುದು" ಅಂದರೆ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿದುಹೋಗುವುದು ಎಂದು ತೋರಿಸಬಲ್ಲನು. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ತು ಭೂಮಿಗೆ ಸಾಗುವ ಪಥದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷ್ಯ (electrolyte) (ವಾಹಕ ದ್ರಾವಣ) ಇರುವ ಒಂದು ಉಪಕರಣವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಋಣ ಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ನಿಕ್ಷೇಪವಾದ ತಾಮ್ರದ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಆತನು ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು. ಬೇರೆ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಇದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪರಿಪೂರಿತವಾದ ಮಣಿಯ ಮೇಲಿದ್ದ (ಸ್ಥಾಯೀ) ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಅಳತೆಯೇ ಆಗಿರುವುದು.

ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಈ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಮಣಿಯ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಎಂದು ಕರೆಯುವನು, ಮತ್ತು ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಧ್ರುವದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ದ್ರವವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಯ್ತೋ ಅದನ್ನವಲಂಬಿಸಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನು – ಧನ ಅಥವಾ ಋಣ – ಆರೋಪಿಸುವನು.

ಈಗ ನಾವು ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಎರಡನೆಯ ಶ್ರೇಣಿಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸಬಹುದು. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಚಯನ ಕೋಶಗಳ ಧ್ರುವಗಳಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಳತೆಯ ಮಣಿಗಳ ಅಥವಾ ಗುಂಡುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೊತ್ತದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಗಳಿಸಬಹುದು. ಮಣಿಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದೂರಗಳಲ್ಲಿಟ್ಟು ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಬಲವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ–

$$F = K\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

ಎಂಬ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮವೊಂದು ಆತನಿಗೆ ಲಭ್ಯವಾಗುವುದು. ಇದು ಹೇಳುವುದೇನೆಂದರೆ, ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಬಲವು ಗುಂಡುಗಳ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿಯೂ ಇರುವುದು ಎಂದು. ಇದು ನಾವು ವಿವರಿಸಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ **ಕೂಲಾಂಬ್‌ನ ನಿಯಮ** ಎಂದು ವಾಚಕನು ಗುರುತಿಸುತ್ತಾನೆ. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ಚಾರಿತ್ರಿಕ ವ್ಯಕ್ತಿಯಲ್ಲ.

ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು

ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ಎರಡು ಬಗೆಯ ಬಲಗಳನ್ನು ಅರಿತಿರುವನು. ಒಂದು ಕಾಯವು ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಸ್ಪರ್ಶಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವುದು ಒಂದು ವಿಧದ್ದು. ಎಳೆಯುವುದರಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ತಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇರುವುದು. ದೂರದಿಂದಲೇ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ, ಇದುವರೆಗೂ ಆತನಿಗೆ ತಿಳಿದಿದ್ದುದು ಗುರತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲ, ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವಿಸ್ತಾರವಾದ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ, ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲ, ಮಾತ್ರ ಆಗಿದ್ದಿತು.

ಹೀಗಾಗಿ ದೂರದಿಂದ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಹೊಸ ಬಲವನ್ನು ಸೇರಿಸಲಾಯ್ತು : ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪರಿಪೂರಿತ ಕಾಯಗಳ ನಡುವಿನ **ಆಕರ್ಷಣೆಯ ಅಥವಾ ವಿಕರ್ಷಣೆಯ ಕೂಲಾಂಬ್ ಬಲ**. ಇದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಬಲವನ್ನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳ ಸೂತ್ರಗಳು ಕೂಡ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಹೋಲುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಕಾಯದ ಮೇಲೆ ಭೂಮಿಯಿಂದ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲವನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾದ ತೊಂದರೆಗಳು ಯಾವುದೂ ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಕೂಲಾಂಬ್ ಅಥವಾ ಅವುಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ

ವಾಗಿ ಕರೆಯಲಾಗುವಂತೆ, ಸ್ಥಾಯೀವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಾದರೋ, ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೋ ಸಂಕೀರ್ಣವಾದ, ಅಷ್ಟೇಕೆ ಅಜ್ಞಾತ, ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವ ಸಂದರ್ಭಗಳನ್ನು ನಾವು ಸಂಧಿಸಬಹುದು.

ಆದರೂ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಹೇಗೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳದೆಯೇ ನಾವು ಮುಂದುವರಿಯಬಹುದು. ಈ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ದೂರದಿಂದಲೇ ಒಂದನ್ನೊಂದು "ಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲವು" ಎಂಬುದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಒಂದು **ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ**ವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವುವು ಎಂದು ಏಕೆ ಹೇಳಬಾರದು ? ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನಾವು ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲವಾದುದರಿಂದ ತೊಂದರೆಗಳು ಉಂಟಾಗಬಹುದೆಂದು ಮೊದಲಿಗೆ ತೋರಬಹುದು. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ಹೇಳುತ್ತಾನೆ : "ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕೇವಲ ಗಣನೆಗಳ ಅನುಕೂಲಕ್ಕಾಗಿ ಏರ್ಪಡಿಸಿದ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಕಲ್ಪನೆಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸಕೂಡದು. ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಒಂದು ಬಲಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ, (ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿನ) ಆ ಬಿಂದುವು ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಂದು ಭೌತಿಕ ವಾಸ್ತವಾಂಶ, ಅಂದರೆ ನಾವು ಅದನ್ನು ಕಾಣಲಾಗದಿದ್ದರೂ ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಂತ ಅಸ್ತಿತ್ವವಿದೆ." ನಮ್ಮ ಸಂಶೋಧಕನು ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಊಹೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಆತನಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಭವಿಷ್ಯವು ಅದು ಸರಿಯೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿತು.

ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಗುಂಡು ಮತ್ತೊಂದರ ಮೇಲೆ ಉಂಟುಮಾಡುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕೂಲಾಂಬ್‌ನ ನಿಯಮವು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಗುಂಡನ್ನು ಸ್ಥಿರಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿಟ್ಟಿದ್ದು ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಳಗಳಿಗೆ ಕದಲಿಸಬಹುದು. ಎಲ್ಲಾ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ (ಪರೀಕ್ಷಕ) ಗುಂಡು ಒಂದು ಬಲಕ್ಕೆ ಅಧೀನವಾಗಿರುವುದು. ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಬೇರೆ ವಿಧದಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಹೇಳಲಾಗುವುದು : ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ

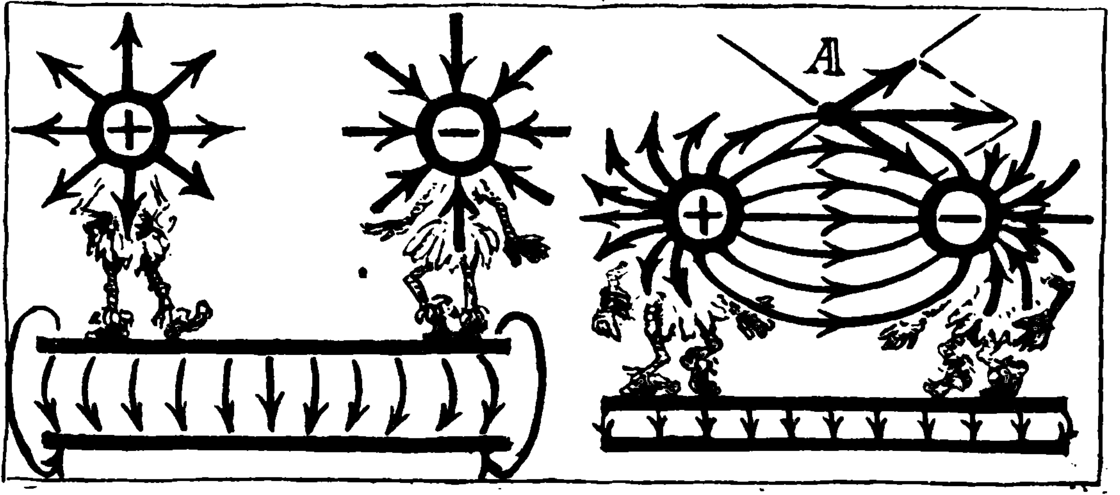
ವಾದ ಒಂದು ಗುಂಡು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಹ್ರಸ್ವವಾಗಿ, ತನ್ನ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು, ನೆಲೆಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲವು ಯಾವುದೇ ಆಕಾರವುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾದ ಕಾಯಗಳಾಗಿರಬಹುದು. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕೂಲಾಂಬ್‌ನ ನಿಯಮವು ಊರ್ಜಿತವಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಒಂದು ಪರೀಕ್ಷಕ ಗುಂಡನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಾಯದ ಸುತ್ತಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನಾವು ಅಳತೆಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಬಲಗಳ ಪರಿಮಾಣ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಕು ಇವುಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ವ್ಯಾಪಕವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸ ಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನಿರ್ದೇಶನವು ಪರೀಕ್ಷಕ ಗುಂಡಿನ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನಿರ್ದೇಶನ ವನ್ನು ಅದರ ತೀವ್ರತೆಯಿಂದ (intensity) ಸೂಚಿಸಲಾಗುವುದು :

$$E = \frac{F}{q}$$

ಇದರಲ್ಲಿ q ಎಂಬುದು ಪರೀಕ್ಷಕ ಗುಂಡಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶ.

ಬಲ ರೇಖೆಗಳ (lines of force) ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವರ್ಣನೆಯನ್ನು ಮಾಡುವ ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಗೋಚರ ವಿಧಾನವಿದೆ. ಈ ಬಲ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ತೋರಿ ಸುವ ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಾಯಗಳ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿ ಬಹುವಿಧವಾಗಿರಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಅತಿ ಸರಳ ರೂಪದ ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 1.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳ ಅರ್ಥಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ : ಬಲ ರೇಖೆ ಒಂದರ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿನ ಸ್ಪರ್ಶಕ ರೇಖೆಯು ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಬಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಪರಿಮಾಣದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದಲ್ಲಿನ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು E ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಅನು ಲೋಮವಾಗಿರುವ, ಯಾವುದಾದರೂ ಆಗಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು



ಚಿತ್ರ 1.1

ಉಪಯೋಗಿಸದೆ ನಾವು ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೇಳಿದರೆ, ಆಗ ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯು E ಗೆ ಸಮವಾಗಿ ಇರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ಒಂದು ಬಿಡಿ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಟ್ಟಾಗ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಂತಹ ಇತರ ಬಲಗಳ ಪ್ರಭಾವವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಅದು ಬಲ ರೇಖೆಗಳನ್ನನು ಸರಿಸಿ ಚಲಿಸುವುದು.

ಗೋಳಾಕಾರದ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳರೂಪದವು. ಎರಡು ಗೋಳಗಳು ಅಥವಾ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದ ಎರಡು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸಮೀಪಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಬೀಳುವುವು (ಅಧ್ಯಾರೋಪಿತವಾಗುವುವು). ಅವುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಗಳನ್ನು (field intensities) ಸಮಾನಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜ ವಿಧಾನದಿಂದ ಸಂಕಲನ ಮಾಡಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 1.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಬಲಗಳ ಸಮಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜವನ್ನು ರಚಿಸಿ A ಎಂಬ ಯಾವುದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಬಲ ರೇಖೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾಗಿರುವ ಕಾಯಗಳು ಫಲಕಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಕ್ಷೇತ್ರವು ರೇಖಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವುದನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಫಲಕಗಳನ್ನು

ಇನ್ನೂ ಹತ್ತಿರ ಹತ್ತಿರ ತಂದು, ಅವುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಆದರ್ಶ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬಹುಸಮೀಪದ, ಅಂದರೆ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿನ ವಕ್ರತೆ ಇರುವಂತೆ, ಏಕರೂಪತೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅತಿ ಸಮೀಪವರ್ತಿಗಳಾದ ಎರಡು ಫಲಕಗಳು ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಅಡಕಮಾಡುತ್ತವೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಇಂತಹ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಗ್ರಾಹಕ ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಈಗ ಅದನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕೆಪಾಸಿಟರ್ (capacitor) ಎಂದೇ ಕರೆಯುವರು.

ನಮಗೆ ಆಗಲೇ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ, ಬಲ ಒಂದಕ್ಕೆ ಅಧೀನಪಟ್ಟ ಕಾಯವು ಚಲಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಬಲ ಮತ್ತು ಪಥದ ಉದ್ದ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಒಂದು ಫಲಕದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಬಲರೇಖೆಯನ್ನನುಸರಿಸಿ ವರ್ಗಾಯಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯು qEl ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಏಕ ಪರಿಮಾಣದಷ್ಟರ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ವರ್ಗಾಯಿಸಲು ಹಿಡಿಯುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು El ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಈಗ ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಎರಡು ಫಲಕಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಸೇರಿ ಸೋಣ. ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ q ಮೊತ್ತದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು ಸಾಗಿದಾಗ ಉಂಟಾ ಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು qV ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ ದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಗುಂಡಿನ ಚಲನೆಗೂ, ಲೋಹದ ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ "ಪ್ರವಾಹ" ಒಂದರ ಸಾಗುವಿಕೆಗೂ ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಆಗಲೇ ನಮಗೆ ಮನದಟ್ಟಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ವ್ಯಯಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ಈ ಎರಡು ವ್ಯಂಜಕಗಳನ್ನು ಸಮಪಡಿಸಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ

$$qEl = qV$$

ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಸತ್ಯತೆಯನ್ನು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ದೂರಕ್ಕೆ ಜರುಗಿಸಿ ಒಂದು ಪರೀಕ್ಷಕ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಿ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಬಹುದು.

ಈ ಅಳತೆಯನ್ನು ರೇಷ್ಮೆಯ ದಾರದಿಂದ ನೇತುಹಾಕಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಗುಂಡಿನ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆಯೇ ಒಂದು ನಾಜೂಕಾದ ವಿಧಾನದಿಂದ ನಡೆಸಬಹುದು.

ಹಗುರವಾದ ಕಾಯಗಳು ಭಾರವಾದವುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದಿರುವ ವಿಷಯ. ಪುರಾತನ ಕಾಲದ ಮತ್ತು ಮಧ್ಯಯುಗದ ಪಂಡಿತರು, ಗೆಲಿಲಿಯೋವಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗಿಂತ ಹಿಂದೆ, ಒಂದು ಕಾಯದ ಚಲನೆಯ ವೇಗವು (ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವಲ್ಲ) ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗ ವಾಗಿರುವ ಬಲಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಲು ಇದೇ ಕಾರಣ ವಾಗಿತ್ತೆಂಬುದನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ಅಭಿಪ್ರಾಯವು ತಪ್ಪೆಂಬುದು ಸ್ಥಾಪಿತವಾದದ್ದು ವಾಯುವಿಹೀನಪಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದು ಲಂಬವಾಗಿ ನಿಂತಿರುವ ಗಾಜಿನ ಕೊಳವಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಲೋಹದ ಗುಂಡು ಮತ್ತು ಕಾಗದದ ಚೂರು ಇವೆರಡೂ ಒಟ್ಟಿಗೇ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬೀಳುವುವು ಎಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ. ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬೀಳು ವಾಗ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ದರದಲ್ಲಿ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುವುದು, ಅಂದರೆ ಒಂದೇ ಆದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದೊಡನೆ ಭೂಮಿಗೆ ಬೀಳುವುವು. ನಮ್ಮ ಉದ್ದೇಶಗಳ ಸಲುವಾಗಿ, ವಾಯುವಿನ ನಿರೋಧಶಕ್ತಿ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉಪ ಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಕೂಲಾಂಬ್‌ನ ನಿಯಮವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪ ಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಹಗುರ ಹಾಗೂ ಟೊಳ್ಳಾದ ಲೋಹದ ಗುಂಡು (ಅಥವಾ ಮಣಿಯು) ಬಹಳ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಈ ಗುಂಡನ್ನು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಎರಡು ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಹಾಕಿದರೆ, ಸ್ಥಾಪಿತ ವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಗುಂಡು ಬೀಳದಂತೆ ತಡೆಯುವವರೆಗೂ ಫಲಕಗಳ ನಡುವಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬಹುದು. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷ ಣೆಯ ಬಲವು ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾದಾಗ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡುವುದು : $mg = qE$. ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ತಾತ್ವಿಕ ತರ್ಕ ಸರಣಿಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಉಪ ಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಅಥವಾ ವಾಸ್ತವಿಕವಾದ ಒಂದು

ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವ ಬಲರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅದು ನಮ್ಮ ಆಯ್ಕೆ ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತ (electric flux) ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವಂತೆ ನಿಗದಿಮಾಡಲಾಗುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾಗಿರುವ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಸುತ್ತಿ ಬಳಸಿಕೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿರುವ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಆಗುತ್ತದೆಯೇ ?

ಅತಿ ಸುಲಭ ರೂಪದ ಒಂದು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಮೊದಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಗುಂಡಿನಿಂದ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿದೆ. ಈ ಗುಂಡಿನ ಸುತ್ತಲು ಒಂದು ಗೋಳವನ್ನು ರಚಿಸೋಣ. ಗೋಳದ ತ್ರಿಜ್ಯವು R ಆಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಯಾವುದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ತೀವ್ರತೆಯು Kq/R^2 ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು $4\pi R^2$ ಆಗಿರುವುದು. ಹೀಗಾಗಿ ಗೋಳದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತವು $4\pi Kq$ ಆಗುವುದು. ಆದರೂ, ನಾವು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಯಾವತರಹದ್ದಾದರೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತವು ಇದೇ ಆಗಿರುವುದೆಂಬ ವಿಷಯವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು.

ಈಗ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಯಾವುದೇ ಆಕಾರಗಳುಳ್ಳ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಾಯಗಳಿಂದ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿ ಚಿತ್ರವನ್ನು ತೊಡಕಾಗಿಸೋಣ. ಆದರೆ, ಈ ಕಾಯಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿ ಒಂದೂ ಬಿಂದುರೂಪದ ವಿದ್ಯುದಂಶಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುವ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಒಡೆದಿರುವಂತೆ ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಯಾವುದೇ ಆಕಾರದ ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಸುತ್ತುಗಟ್ಟುತ್ತೇವೆ. ಪ್ರತಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದಂಶದಿಂದಲೂ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತವು $4\pi Kq$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತಗಳನ್ನು ಅಂಕಗಣಿತ ರೀತಿಯಿಂದ ಕೂಡಬಹುದೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಸಹಜವಾಗಿ ಕಾಣುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಯಾವುದೇ ಮುಚ್ಚಿದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಒಟ್ಟು

ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತವು ಮೇಲ್ಮೈ ಒಳಗೆ ಕೂಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದು.

ಈ ನಿರೂಪಣೆಯು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಳಿಸುವ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮವಾಗಿದೆ (ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಾಲ್ಕು ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು, ಅಧ್ಯಾಯ 5ನ್ನು ನೋಡಿ).

ನಾವು ಈ ಸೂತ್ರದ ವ್ಯುತ್ಪನ್ನವನ್ನಾಗಲಿ, ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನಾಗಲಿ ಮಾಡಲಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ವಿಷಯವು ಹೀಗೆಯೇ ಇರಬೇಕು ಮತ್ತು ಬೇರೆಯಾಗಿರಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲವೆಂದು ಊಹಿಸಿದೆವು ಅಷ್ಟೆ. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ : ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮದ ಬಗ್ಗೆ. ಅದರ ಪರಿಣಾಮಗಳ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಯಿಂದ ಅದರ ಸತ್ಯತೆಯು ಸ್ಥಿರಪಡುತ್ತದೆ.

ಯಾವುದೇ ವ್ಯೂಹಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ. ಲಿಖಿತ ನಿಯಮದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾದ ಕಾಯಗಳ ಅತ್ಯಂತ ಜಟಿಲವಾದ ವ್ಯೂಹದಿಂದ ಏರ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅಗತ್ಯವಾದ ಅಂಕಿ-ಅಂಶಗಳನ್ನು ಗಣನೆಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಗಣಕ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ಕೆಲವೇ ಸೆಕೆಂಡುಗಳು ಹಿಡಿಯುವುದು. ನಾವು ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕವನ್ನು (Capacitance) ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ನಿರಾಡಂಬರ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಮಿತಿಗೊಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ (ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ತಾತ್ವಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಸಾಧನ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸುಲಭರೂಪದ ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕೆ ಅಳವಡಿಸುವ ರೀತಿಯನ್ನೂ ತೋರಿಸಿಕೊಡಲಾಗುವುದು).

ಮೊದಲಿಗೆ ಸುವಿಧಿತವಾದ ಈ ಪರಿಮಾಣದ ಸ್ಪಷ್ಟ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಮಾಡುವೆವು. ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಚಯನಾಂಕವು ಅದರ ಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆ ಶೇಖರವಾಗುವ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮತ್ತು ಫಲಕಗಳ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತ. ಹೀಗಾಗಿ–

$$C=\frac{q}{V}$$

ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನಲ್ಲಿ, ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಫಲಕಗಳ ಅಂಚಿನಿಂದ ಆಚೆಗೆ ಗಮನಾರ್ಹವಾಗುವಷ್ಟು ಹೊರಗೆ ಹರಡುವುದಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳು ಧನ ಫಲಕದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಋಣ ಫಲಕವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ. ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಅಂಚುಗಳಲ್ಲಿ ತೋರುವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ರೂಪವಿಕಾರಕ್ಕೆ ಲಕ್ಷ್ಯ ಕೊಡದೆ, ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ EA ಎಂಬ ಗುಣಲಬ್ಧವನ್ನು ಬರೆಯಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮ ದಿಂದ

$$EA=4\pi Kq$$

ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು, ಇದರಿಂದ ಫಲಕಗಳ ನಡುವಿನ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯು

$$E=4\pi K\frac{q}{A}$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆಯಿಂದ, ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು

$$E=\frac{V}{d}$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ d ಎಂಬುದು ಫಲಕಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರ. ಈ ಎರಡು ವ್ಯಂಜಕಗಳನ್ನೂ ಸಮೀಕರಿಸಿ, ಮತ್ತು $C=q/V$ ಆಗುವುದೆಂದು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಂಡರೆ, ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕಕ್ಕೆ ಈ ಮುಂದಿನ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ :

$$C=\frac{A}{4\pi Kd}$$

ವಾಸ್ತವದ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ, ಕೆಪಾಸಿಟರುಗಳು ಅಭ್ರಕ ಅಥವಾ ಪ್ಯಾರಫಿನ್ ಲೇಪವಾದ ಕಾಗದದ ಪಟ್ಟಿಗಳಿಗೆ ಒತ್ತಿ ಇಟ್ಟ ಲೋಹದ ಪಟ್ಟಿಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಕೊನೆಯ ಎರಡೂ ಅವಾಹಕ ಪದಾರ್ಥಗಳು. ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕವನ್ನು ಸೇರಿಸುವುದರಿಂದ ಏನು ಲಾಭ? ಪ್ರಯೋಗ

ಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವುದೇನೆಂದರೆ, ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕ C ಯು ಅದರಲ್ಲಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸುವ ಮಾಧ್ಯಮವಿಲ್ಲದಾಗ ತನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕ C_0ಗೆ ಹೀಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದು : $C=C_0\varepsilon$.

ε ಎಂಬ ನಿಯತಾಂಕಕ್ಕೆ **ಪರಾವೈದ್ಯುತಾಂಕ** (dielectric constant) ಅಥವಾ permittivity ಎಂದು ಹೆಸರು. ವಾಯು, ಅಭ್ರಕ, ನೀರು ಮತ್ತು ರೊಷೆಲ್ ಲವಣ (Rochelle salt) ಇವುಗಳ ಪರಾವೈದ್ಯುತಾಂಕಗಳು 1, ಸುಮಾರು 6, 81 ಮತ್ತು 9000ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುವು.

ಯಾವುದು ಮೂಲಭೂತವಾದುದು ?

ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮ ಮತ್ತು ಜೂಲ್-ಲೆಂಟ್ಸ್ ನಿಯಮ ಇವುಗಳು ಶಕ್ತಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ, ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರತಿರೋಧ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವೇರ್ಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದನ್ನು ನಾವು ಹೀಗೂ ಹೇಳಬಹುದು : ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರತಿರೋಧದಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಲಭಿಸುವುದು. ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ವಿಧದ ನಿರ್ದೇಶಗಳೂ ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಇವೆರಡರಲ್ಲೂ ಇರುವ ನ್ಯೂನತೆ ಏನೆಂದರೆ ಅವುಗಳು ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮವು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ಈ ನಿಯಮವು ಎಲ್ಲಾ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, ನಾವು ಮಾಡಿರುವ ಹಾಗೆ, ಅಂದರೆ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿದ ಪರಿಮಾಣವು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಪ್ರತಿರೋಧವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸುವುದು, ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ವಾಹಕದ ತುದಿಗಳ ಅಂತರದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಮತ್ತು ಅದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತವೆಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ತೋರುವುದು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ – ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ತಾಪೀಯ ಅಥವಾ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಪರಿ

ಣಾಮಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ – ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದಾದುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ನಿಷ್ಪನ್ನವಾದ ಪರಿಮಾಣಗಳಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗಿರುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣ (electrolysis) ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥದ ಒಂದು ಭಾಗದ ಕೊನೆಗಳ ಅಂತರದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೊತ್ತದಿಂದ ಭಾಗಿಸಿ ಬರುವ ಭಾಗಲಬ್ಧವೆಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದೂ ಅತ್ಯಂತ ಸಮರ್ಪಕವೂ ಸಹಜವೂ ಆದ ಕ್ರಮವಾಗಿರುವುದು.

ಆದರೂ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಇದು ಒಂದೇ ಸಾಧ್ಯವಾದ ಕ್ರಮವಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಓದುಗನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಮನಗಾಣಬೇಕು. ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ (ಅಂದರೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಲೋಹವು ಪೊರೆಕಟ್ಟುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ), ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಪರಿಣಾಮಗಳಿಂದ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮೇಲೆ ಕಾಂತಸೂಜಿ ಅಥವಾ ಮತ್ತೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಇವುಗಳ ಪರಿಣಾಮಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ, ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಬೇರೊಂದು ಕ್ರಮವನ್ನನುಸರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ತಾತ್ವಿಕ ದೋಷವಿರುವುದಿಲ್ಲ : ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಪ್ರಮಾಣಭೂತವಾದ ಮೂಲವನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಮತ್ತು ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೂಲದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಮಾಣಭೂತವಾದ ಮೂಲಾಂಶಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವೆಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು. ಇಂತಹ ಸಲಹೆ ಒಂದನ್ನು ಆಗಲೇ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಈ ಪ್ರಮಾಣಭೂತವಾದ ಮೂಲಾಂಶಕ್ಕೆ ವೆಸ್ಟನ್‌ಕೋಶ (Weston cell) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಇನ್ನೊಂದು ಸಾಧ್ಯತೆಯೆಂದರೆ ಒಂದು ಪ್ರಮಾಣಭೂತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಂಡು ನಿರ್ದೇಶಗಳ ಮತ್ತು ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಗಳ ತಂಡವನ್ನು ಸೂಕ್ತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರಚಿಸುವುದು. ಆಗ, ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಿದಂತೆ, ಒಂದು ವಾಹಕಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಎಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಪ್ರತಿರೋಧಗಳು ಸಮವಾಗಿರುತ್ತವೆ

ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುತ್ತೇವೆ. ಒಂದು ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಪಾದರಸದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉದ್ದದ ಮತ್ತು ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತದ ಒಂದು ಸ್ತಂಭವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರತಿರೋಧದ ಇಂತಹ ಏಕಮಾನವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗಿತ್ತು.

ಭೌತಿಕ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ಕ್ರಮವು ಯಾವುದೇ ನಿಯಮವನ್ನನುಸರಿಸಿಲ್ಲದ ವಿಚಾರವೆಂಬುದನ್ನು ಅರಿತುಕೊಳ್ಳುವುದು ಅನುಕೂಲ. ಇದರಿಂದ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಾವಳಿಯಲ್ಲಿ ಏನೂ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಇದುವರೆಗೂ ನಾವು ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದೆವು. ಈ ಘಟನೆಗಳ ಸಮುದಾಯದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ವಿಧವಿಧವಾದ ಭಾವನಾವ್ಯೂಹಗಳನ್ನು ಮತ್ತು, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಿಧವಿಧವಾದ ಅಳತೆಗಳ ಮಾನಪದ್ಧತಿಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ನಮಗೆ ಒದಗುವ ಆಯ್ಕೆಯು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯಾಪಕವಾದುದು, ಏಕೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಘಟನೆಗಳು ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರವೇ ಮಿತಪಟ್ಟುವಲ್ಲ.

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಪ್ರಕಾಶಿತವಾದವೂ ಸೇರಿದಂತೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅನೇಕ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೊತ್ತ (ಅಥವಾ ಅದೇ ಅರ್ಥ ಕೊಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮೊತ್ತ) ಎಂಬ ಭಾವವನ್ನು ಕೂಲಾಂಬ್‌ನ ನಿಯಮವನ್ನನುಸರಿಸಿ ನಿರ್ಣಯಿಸಲಾಗಿದೆ. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಭಾವವನ್ನು ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳು ಆಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿಸುವುವು, ಮತ್ತು ಸ್ಥಾಯೀ–ವಿದ್ಯುಚ್ಛಾಸ್ತ್ರದ ಚರ್ಚೆಯು ಮುಗಿದಮೇಲೆಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧ ಈ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಮಂಡಿಸಲಾಗುವುದು. ನೀವು ಕಂಡಿರುವ ಹಾಗೆ ನಾವು ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಬೇರೆಯ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದ್ದೇವೆ.

ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಗಳ ಆಯ್ಕೆಯಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವಿರುವುದು. ಸಂಶೋಧಕನಿಗೆ ತನ್ನ ಅನುಕೂಲತೆಗೆ ತಕ್ಕಂತೆ ಮುಂದುವರಿಯುವ ಅಧಿಕಾರವಿರುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಗಳ ಆಯ್ಕೆಯಿಂದ, ಅವನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುವ ವಿವಿಧ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿನ ಸಮಾನುಪಾತೀಯ ಘಟಕಾಂಕಗಳು (proportionality factors) ಬದಲಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಆತನು ಎಂದಿಗೂ ಮರೆಯಲಾಗದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ, ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ ಇವುಗಳ ಏಕಮಾನಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿಯೇ ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ (ತತ್ವಶಃ) ಏನೂ ತಪ್ಪಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇದರಿಂದಾಗಿ ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಿಮಾಣಗಳುಳ್ಳ (dimension) ಒಂದು ಘಟಕಾಂಕವನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಇತ್ತೀಚಿನವರೆಗೂ, ನಿರ್ದಾಕ್ಷಿಣ್ಯದ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಸಂಸ್ಥೆಯೊಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಚಿತವಾಗಿದ್ದ ಕ್ಯಾಲೊರೀಗೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಿಂದ ಶಾಶ್ವತವಾದ ಬಹಿಷ್ಕಾರ ಹಾಕುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು, ಜೂಲ್-ಲೆಂಟ್ಸ್ ನಿಯಮವು ಒಂದು ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕ ಘಟಕಾಂಕವನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದ್ದಿತು. ಇದು ಹೀಗಾದುದು ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಇವುಗಳ ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಗಳನ್ನು ಶಕ್ತಿಗೆ (ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ) ಆರಿಸಿದ ಏಕಮಾನಗಳಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗಿತ್ತು.

ಮೇಲಿನ ಪ್ರಕರಣಗಳಲ್ಲಿ (paragraphs) ನಾನು ಎರಡು ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸಮಾನುಪಾತರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆದಿರುತ್ತೇನೆ. ಮಿಕ್ಕವೆಲ್ಲಾ ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಘಟಕಾಂಕಗಳಿಲ್ಲದಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳು. ಈ ಎರಡು ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಶೇಖರವಾಗುವ ಪದಾರ್ಥದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮೊತ್ತ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ, ಇನ್ನೊಂದು ಕೂಲಾಂಬ್‌ನ ನಿಯಮ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದುದು ಪ್ರಮಾದವಶವಾಗಿ ಅಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಮಾನ ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು (SI) ನಿಯಮವಾಗಿ ಅಂಗೀಕರಿಸಲು ಇದುವರೆಗೂ, ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಇಷ್ಟವಿಲ್ಲದಂತೆ ತೋರುವುದರಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಅವರು ತಮ್ಮ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ನಿರಪೇಕ್ಷ ಮಾನಪದ್ಧತಿಯನ್ನೇ (cgs ಮಾನಪದ್ಧತಿ) ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿರುವುದರಿಂದಲೂ. (ಅವರ ಲೇಖನಗಳ ಮತ್ತು ಪುಸ್ತಕಗಳ ಸಂಪಾದಕರ ಒತ್ತಾಯದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಇದು ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಲಿದೆ). ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಕೂಲಾಂಬ್ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿನ K ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ನಿರಪೇಕ್ಷ ಮಾನ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ, ಒಂದು (unity, ಏಕ) ಎಂಬ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲಾಗುವುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದಾಗ, "ಪರಮ" ಏಕಮಾನವೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿರುವ, ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ

ಮೊತ್ತದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮೊದಲೇ ನಿರ್ಣಯ ಮಾಡಿಯಾಯ್ತು (ಎರಡು ಸಮವಾದ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ದೂರದಲ್ಲಿರುವಾಗ ಏಕಮಾನ ಪರಿಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದರೆ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಒಂದು ಏಕಮಾನ).

ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಗ್ರಾಂಗಳಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ. ಸಮಂಜಸತೆಯ ಸಲುವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ನಿಯಮದಲ್ಲಿನ *k* ನಿಯತಾಂಕವನ್ನು (ಇದು ಒಂದು ಪರಮಮಾನದಷ್ಟು ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಸಾಗಣೆಯಿಂದ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಎಷ್ಟು ಪದಾರ್ಥವು ಶೇಖರವಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ) ಕಲನಮಾಡಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಈ ಘಟಕಾಂಕದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ನಿಮ್ಮ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಹುಡುಕುವುದರಿಂದ ಏನೂ ಪ್ರಯೋಜನವಿಲ್ಲ. ಆಂಪೇರ್ ಮತ್ತು ಕೂಲಾಂಬ್ ಇವುಗಳನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸಲು ಇಂಜಿನಿಯರುಗಳ ಮೊಂಡಾಟದ ಪ್ರತಿಭಟನೆಯನ್ನು ಮನಗಂಡು, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣದ ನಿಯಮದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕೂಲಾಂಬ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷ್ಯದ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಿದಾಗ ಆಗುವ ಪದಾರ್ಥ ಸಂಚಯದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ನೀಡುವ ಒಂದು ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು. ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದೇ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಎರಡು ಏಕಮಾನಗಳನ್ನು ನಿಗದಿಮಾಡಲಾಯ್ತು. ಇದರಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಅನುಕೂಲಕರವೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿತು, ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಕೂಲಾಂಬ್ ಮುನ್ನೂರು ಕೋಟಿ ಪರಮಮಾನಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

K ನಿಯತಾಂಕವು ಒಂದಕ್ಕೆ $(=1)$ ಸಮವಾಗಿದ್ದರೆ ಅನುಕೂಲ, ಆದರೆ ಆಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತ, ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕ ಮತ್ತು ಇತರ ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ 4π ಎಂಬ ಅನಪೇಕ್ಷಿತವಾದ ಗುಣಕವು ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುವುದೆಂಬ ವಿಷಯದ ಬಗ್ಗೆ ಎಂಜಿನಿಯರುಗಳು ಗಮನ ಸೆಳೆದರು. ಇದು ಇಲ್ಲದೆ ಇರುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡುವುದೇ ಒಳ್ಳೆಯದು ಎಂದು ಅವರುಗಳು ವಾದಿಸಿದರು.

ಇಂತಹ ವಾದವಿವಾದಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಡೆಯುವಂತೆಯೇ ತತ್ವ

ನಿರೂಪಣೆಗಿಂತ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಸಮೀಪವರ್ತಿಯಾದವರಿಗೇ ಜಯ ಲಭಿಸಿತು. ಈಗ ಅಂಗೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಪದ್ಧತಿಯು ಬಹಳ ಕಾಲದಿಂದ ಎಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ ಅನುಸರಿಸಲಾದ ಕ್ರಮವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿತು. ವಿಜ್ಞಾನದ ಎಲ್ಲಾ ಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆದ ಶಕ್ತಿಯ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕೆಂದೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಅಥವಾ ಪ್ರವಾಹ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನೇ ಮೂಲಭೂತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಭಾವವೆಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಬೇಕೆಂದೂ SI ಪದ್ಧತಿಯ ಬೆಂಬಲಿಗರು ಒತ್ತಾಯಪಡಿಸಿದರು.

ಹೀಗಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಾಸ್ತ್ರದ ನಮ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನು **ಜೂಲ್** ಎಂಬ ಶಕ್ತಿಯ ಏಕಮಾನದೊಡನೆ ಆರಂಭಿಸುತ್ತೇವೆ. ಒಂದು ಆಂಪೇರ್-ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವ **ಕೂಲಾಂಬ್**‌ಅನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮೊತ್ತದ ಏಕಮಾನವಾಗಿ ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಆಂಪೇರ್‌ಅನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳ ಬಲದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬೇಕೆಂದು ನಾವು ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ. (ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತತೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸಿರುವ 3ನೇ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ) ಈ ನಿರ್ದೇಶವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣದ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಬರುವ k ಗುಣಕವು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಬಹಳ ಕಾಲದಿಂದ ರೂಢಿಯಾಗಿರುವುದೇ ಆಗಿರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, SI ಮಾನ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಗುಣಕವು ಕೂಲಾಂಬ್ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು **ಗೊತ್ತುಪಡಿಸುವುದಿಲ್ಲ** ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ತಿಳಿದಿರಬೇಕು. ಅಳತೆಯ ನಿಖರತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆಲ್ಲಾ, ಈ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ನಾವು ಆಂಪೇರ್‌ನ ನಿರ್ದೇಶನವು ಬದಲಾಗದೆ ಉಳಿಯುವಂತೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಲೇ ಹೋಗಬೇಕಾಗುವುದು. (ಇಂತಹ ಕಾಲವು ಬರುವುದೆಂದು ನಾನು ನಿರೀಕ್ಷಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುದ್ಗತಿ ಬಲಗಳ ಅಳತೆಯು ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಅಳತೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾದುದೆಂದು ಎಣಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ).

ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದೆ SI ಪದ್ಧತಿಯು ನಾನು ನಮ್ಮ ಸಂಕೀರ್ಣ ಸಂಶೋಧಕನಿಗಾಗಿ ರೂಪಿಸಿದ ಕ್ರಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ. ಮೊದಲು **ವೋಲ್ಟ್** ಎಂಬ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಏಕಮಾನವು ಉಂಟಾಯಿತು, ಇದು ಒಂದು ಜೂಲ್‌ಅನ್ನು ಒಂದು ಕೂಲಾಂಬ್‌ನಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ ಬರುವ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು; ಆಮೇಲೆ ನಿರೋಧದ

ಏಕಮಾನವಾದ **ಓಮ್**, ಇದು ಒಂದು ವೋಲ್ಟನ್ನು ಒಂದು ಆಂಪೇರಿನಿಂದ ಭಾಗಿಸಿ ಬರುವ ಸಂಖ್ಯೆ; ನಿರೋಧಕ ಶಕ್ತಿಯ ಏಕಮಾನ ಒಂದು ಓಮ್‌ಅನ್ನು ಒಂದು ಮೀಟರಿನಿಂದ ಗುಣಿಸಿ ಬರುವ ಸಂಖ್ಯೆ, ಮುಂತಾಗಿ.

ಈಗ ನಾವು ಕೂಲಾಂಬ್‌ನ ನಿಯಮವನ್ನು ಸೇರಿದ್ದೇವೆ ಮತ್ತು K ಎಂಬ ಗುಣಕವನ್ನು ಇಷ್ಟಬಂದಂತೆ ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವು ನಮಗೆ ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಇಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಮನಗಾಣುತ್ತೇವೆ. ಬಲವನ್ನು ನ್ಯೂಟನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ, ದೂರವನ್ನು ಮೀಟರುಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಲಾಗಿದೆ. K ಎಂಬ ಗುಣಕವು ಈಗ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ನಿಷ್ಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಕೂಲಾಂಬ್‌ನ ನಿಯಮದ ಉಪಯೋಗ ಬರುವುದು ಬಹಳ ಅಪರೂಪ ಮತ್ತು ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಚಯನಾಂಕದ ಸಮೀಕರಣವೇ ಅನೇಕ ಎಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳಿಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವ ಸೂತ್ರ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತದ ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಬರುವ 4π ಗುಣಕವನ್ನು ಹೋಗಗೊಡಿಸುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಎಂಜಿನಿಯರುಗಳು ಬಹಳ ಹಿಂದೆಯೇ K ಗುಣಕಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ $1/4\pi\varepsilon_0$ ಎಂಬ ವ್ಯಂಜಕವನ್ನು ಬಳಸಿದರು. ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವ ಕಾರಣಗಳಿಂದ, ε_0 ಎಂಬ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು **ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶದ** (vacuum) **ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೀಲತೆ** (ಪರಾವೈದ್ಯುತಾಂಕ) (electrical permittivity) ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅದು

$$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \; \frac{(\text{ಕೂಲಾಂಬ್})^2}{\text{ನ್ಯೂಟನ್-ಮೀಟರ್}^2}$$

ಎಂದಾಗುವುದು. ಇದರಿಂದ ಬಲರೇಖೆಗಳ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತವು

$$\frac{1}{\varepsilon_0}(q_1 + q_2 + \dots) \quad \text{ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.}$$

ಮತ್ತು ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಚಯನಾಂಕವನ್ನು

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 A}{d}$$

ಎಂದು ಬರೆಯುಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಚಯನಾಂಕದ ಏಕಮಾನವಾದ ಒಂದು ಫ್ಯಾರೆಡ್ ಎಂಬುದು ಒಂದು ಕೂಲಾಂಬನ್ನು ಒಂದು ವೋಲ್ಟಿನಿಂದ ಭಾಗಿಸಿ ಬರುವ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ತತ್ವ ನಿರೂಪಣೆಯ ವಿಕಾಸ

ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಯ ವಿಕಾಸವು ನಮ್ಮ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಸಂಕೀರ್ಣ ಸಂಶೋಧಕನು ಅನುಸರಿಸಿದ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿಯೇ ಏರ್ಪಡಲಿಲ್ಲ.

ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಸಂಗತಿಗಳು ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ ಪರಿಚಿತವಾಗಿದ್ದವು. ಉಜ್ಜಲ್ಪಟ್ಟಮೇಲೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣಗಳನ್ನು ಪಡೆದು ಸಣ್ಣ ಹುಲ್ಲುಚೂರುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುವ ಕಾರೂಬಮಣಿಯಂತೆ (ಅಂಬರ್ amber) ಇತರ ವಸ್ತುಗಳು ಯಾವುವು ಎಂಬುದು ಪ್ರಾಚೀನ ಗ್ರೀಕರಿಗೆ ತಿಳಿದಿದ್ದಿತೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಈಗ ಹೇಳುವುದು ಕಷ್ಟ (ಕಾರೂಬಮಣಿಗೆ ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿನ ಹೆಸರಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ (electron) ಎಂಬುದೇ 'ಎಲೆಕ್‌ಟ್ರಿಸಿಟಿ' (electricity) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ (electron) ಎಂಬ ಪದಗಳ ಮೂಲ). 17ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಪ್ರಾರಂಭದ ನಂತರವೇ ಸರ್ ವಿಲಿಯಂ ಗಿಲ್ಬರ್ಟ್ (1540–1603) ಎಂಬಾತನು ವಜ್ರ, ಅರಗು, ಗಂಧಕ, ಸ್ಫಟಿಕ ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಈ ವಿಚಿತ್ರವಾದ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆಯೆಂದು ತೋರಿಸಿದನು. ಎಲಿಜಬೆತ್ I ರಾಣಿಯ ಆಸ್ಥಾನ ವೈದ್ಯನಾದ ಈ ಪ್ರಮುಖ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯೇ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಣಮಾಡಿದ ಕಾಯಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ವ್ಯಕ್ತಿ. ಕೆಲವು ಕಾಯಗಳು ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲವು, ಮತ್ತು ಇತರ ಕಾಯಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುದಂಶವು "ಸೋರಿಹೋಗುವುದು" ಎಂಬ ವಿಷಯವು 18ನೆಯ ಶತಮಾನದ ವೇಳೆಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಆ ಶತಮಾನದ

ವೈಜ್ಞಾನಿಕರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು ದ್ರವವನ್ನು ಹೋಲುವ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವೆಂಬು ದನ್ನು ನಂಬದಿದ್ದವರು ಅತಿವಿರಳ. ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಯಂತ್ರಗಳು ಮೊದಲು ನಿರ್ಮಿತವಾದವು. ಅವುಗಳು ಕಿಡಿಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದವು ಮತ್ತು ಪರಸ್ಪರ ಕೈಹಿಡಿ ದಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯುವನು ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರದ ತುದಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ ಅವರಿಗೆ ವಿದ್ಯುದಾಘಾತವಾಯಿತು. ಸರ್ಕಸ್ಸಿಗೆ ಭೇಟಿಕೊಡುವ ಹಾಗೆಯೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗೆ ಭೇಟಿಕೊಡು ವುದೂ ಒಂದು ಮಾನ್ಯವರ್ತನೆ ಎಂದು ಅನೇಕ ರಾಜರುಗಳೂ ಅವರ ಆಸ್ಥಾನಿಕರು ಗಳೂ ಭಾವಿಸಿದ್ದರು. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ತಮ್ಮ ಕಡೆಯಿಂದ, ಪ್ರದರ್ಶಿಸ ಲಾಗುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ನಾಟಕರೂಪ ಕೊಡಲು ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನೂ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರು.

18ನೆಯ ಶತಮಾನದ ವೇಳೆಗಾಗಲೇ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಒಂದು ವಿಜ್ಞಾನ ಭಾಗವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದಾಗಿದ್ದಿತು. ಅನೇಕ ವಿಧವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ದರ್ಶಿಗಳು(electroscope) ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು; ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾಬಲಗಳ ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಲು ಕೂಲಾಂಬ್ ಆರಂಭಿಸಿದನು.

1773ರಲ್ಲಿ ಇಟಾಲಿಯಾ ದೇಶದ ವೈದ್ಯ ಮತ್ತು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಲೂಯಿಗಿ ಗ್ಯಾಲ್ವಾನಿ (1737–1798) ಎಂಬಾತನು ಒಂದು ಸತ್ತ ಕಪ್ಪೆಯ ಕಾಲಿನ ಸ್ನಾಯು ಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಅವುಗಳ ಸಂಕೋಚನದ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸಿದನು.

ಗ್ಯಾಲ್ವಾನಿಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತ, 18ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದ ವೇಳೆಗೆ ಕಪ್ಪೆಯ ಸ್ನಾಯುಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ರವ ಒಂದು ಹಾದು ಹೋಗಿದೆಯೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ವೋಲ್ಟಾ ಬಂದನು. ಇದಾದನಂತರದ ಗಮನಾರ್ಹ ಮುನ್ನಡೆ ಎಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲನೆಯ ಮೂಲ, ಗ್ಯಾಲ್ವಾ ನಿಯ ಕೋಶ ಮತ್ತು ಅದಾದ ಮೇಲೆ ವೋಲ್ಟಾವಿನ ಫಲಕ ಶ್ರೇಣಿ (voltaic pile) ಇವುಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ.

19ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವೋಲ್ಟಾನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಇಡೀ ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ ಪರಿಚಿತವಾಗಿದ್ದವು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವಿಷಯವಾಗಿ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಆರಂಭಗೊಂಡವು. ಒಂದಾದಮೇಲೊಂದು ಹೊಸ ವಿಷಯುಗಳು ಹೊರಪಟ್ಟವು.

ಹಲವು ಸಂಶೋಧಕರು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ತಾಪೀಯ ಪರಿಣಾಮಗಳ ವಿಷಯುಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರು. ಏರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ಎಂಬಾತನು ಇದೇ ವಿಷಯವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಅಕಸ್ಮಾತ್ತಾಗಿ ಕಾಂತಸೂಚಿಯೊಂದರ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

ಓಮ್ ಮತ್ತು ಆಂಪೇರ್ ಇವರುಗಳ ಯಶಸ್ವಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದಿದ್ದೂ ಇದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ : ಅಂದರೆ ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಮೂರನೆಯ ದಶಕದಲ್ಲಿ.

ಆಂಪೇರ್‌ನ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದಾಗಿ ಆತನಿಗೆ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಜಗದ್ವ್ಯಾಪಕ ಕೀರ್ತಿಯು ಲಭಿಸಿತು. ಓಮ್‌ಗೆ ಇಂತಹ ಅದೃಷ್ಟ ದೊರಕಲಿಲ್ಲ. ಅವನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಬರವಣಿಗೆಗಳು ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ವಿಷಯುಗಳ "ಸ್ವಭಾವ"ದ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಗಮನಕೊಡದೆ, ಅನುಭವಾತ್ಮಕವಾದ ಭಾವನೆಗಳನ್ನೇ ಕ್ರಮಬದ್ಧ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಅಂದವೂ, ನಾಜೂಕೂ ಆದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮತ್ತು ಖಚಿತವಾದ ಗಣನೆಗಳ ಸಮನ್ವಯದ ಫಲವಾಗಿ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ಸಮರ್ಥನೆಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಅವನ ಸಮಕಾಲೀನರ ಮನ್ನಣೆ ದೊರೆಯಲಿಲ್ಲ. ಓಮ್‌ನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ಯಾರಾದರೂ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದರೆ "ಪ್ರಕೃತಿಯ ಗಾಂಭೀರ್ಯವನ್ನು ತುಚ್ಛೀಕರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿರುವ ಈ ಗ್ರಂಥ ಕರ್ತನ ವಿಕಾರವಾದ ಭ್ರಾಂತಿಗಳನ್ನು" ಅಲ್ಲಗಳೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ. (ಈ ಮಾತು ಗಳು ಡಿ ಲಾ ರೀವ್ ಎಂಬ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಸೇರಿದವು, ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಗೆ ಈತನ ಕೊಡುಗೆ ಏನೇನೂ ಇಲ್ಲ).

ಆಗಿನ ಕಾಲದ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸ್ವಂತ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ಓದುವುದು ಬಹಳ ಕಷ್ಟ. ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟ ಹೊಸ ವಿಷಯುಗಳನ್ನು

ಈಗ ನಮಗೆ ಪರಿಚಿತವಲ್ಲದ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭ ಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ರಂಥಕರ್ತನ ಹಲವು ಪದಗಳ ಅರ್ಥವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದೇ ಅಸಾಧ್ಯ. ಅನಂತರದ ತಲೆಮಾರಿನವರ ಸೆನಪಿನಲ್ಲಿ ವಿಖ್ಯಾತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಹೆಸರುಗಳು ಉಳಿದಿರುವುದು ವಿಜ್ಞಾನದ ಚರಿತ್ರಕಾರರ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ ಮಾತ್ರ.

2. ದ್ರವ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ರಚನೆ

ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕನಿಷ್ಠಾಂಶ

ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ, ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ವಿಚಾರವಾದ ಎಲ್ಲ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯೂ ವಿದ್ಯುತ್ತು ದ್ರವದ ರೀತಿಯ ಎಂತಹದೋ ಒಂದು ಎಂಬ ದೃಢನಂಬಿಕೆಯೇ ಆಗಿದ್ದಿತು. ಆ ಶತಮಾನದ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಈ ಮುಂದಿನ ಪರಿಹಾಸ್ಯವು ಇನ್ನೂ ಜನಪ್ರಿಯವಾಗಿತ್ತು. ಸರಿಯಾಗಿ ತಯಾರುಮಾಡಿಕೊಳ್ಳದೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ಒಬ್ಬನನ್ನು ಅಪಹಾಸ್ಯಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸುವ ಸಲುವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಕನು ಈ ರೀತಿ ಹೇಳುತ್ತಾನೆ : "ನೀನು ನನ್ನ ಇತರ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರಕೊಡಲಾರದೆ ಹೋದೆಯಾದ್ದರಿಂದ, ಬಹಳ ಸುಲಭವಾದ ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರಕೊಡು : ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಎಂದರೇನು ?"

ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯು ಉತ್ತರಿಸುತ್ತಾನೆ : "ಜೋನ್ಸ್ ಪ್ರೊಫೆಸರವರೇ, ನನ್ನ ಗೌರವದ ಆಣೆಗೂ ನನಗೆ ಗೊತ್ತಿತ್ತು, ಆದರೆ ಮರೆತಿದ್ದೇನೆ."

ಆಗ ಪರೀಕ್ಷಕನು ಘೋಷಿಸುತ್ತಾನೆ: "ಮಾನವ ಜಾತಿಗೆ ಎಂತಹ ನಷ್ಟ ! ಇಡೀ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಏನೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿದಿದ್ದ ವ್ಯಕ್ತಿ ಒಬ್ಬನೇ ಒಬ್ಬ ಇದ್ದ, ಮತ್ತು ಆತನು ಮರೆತಿದ್ದಾನೆ !"

ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ದ್ರವ ಒಂದಾಗಿರದೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಜಾತಿಯ ಕಣಗಳಿಂದ ಆಗಿದೆ ಎಂಬ ವಿಷಯದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ಸೂಚನೆಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಯಾವುದೋ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ ಎಂಬ ದೃಢ ನಿಶ್ಚಯವನ್ನೂ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣದ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಲಾಯ್ತು.

ಒಂದು ದ್ರಾವಣದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದಾಗ ಅದರಲ್ಲಿ ವಿಲೀನವಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿಯೋಜನದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸುವಾಗ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮೈಕೆಲ್‌ಫ್ಯಾರಡೆ (1791–1867) ಎಂಬಾತನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದೇನೆಂದರೆ : ಒಂದೇ ಆದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು, ನೀರಿನಲ್ಲಿ ವಿಲೀನ ವಾಗಿರುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥವು ಯಾವುದೆಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ ಪದಾರ್ಥದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೊತ್ತಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ಮೇಲೆ ನಿಕ್ಷೇಪ ಮಾಡುವುದು. ಫ್ಯಾರಡೆಯು ಮತ್ತೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದೇನೆಂದರೆ : ಒಂದು ಏಕ ಸಂಯೋಜಕ (monovalent) ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ-ಆಟಂ (gram-atom) ಅಷ್ಟು ನಿಕ್ಷೇಪವಾಗಲು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷ್ಯದ ಮೂಲಕ 96 500 ಕೂಲಾಂಬುಗಳು ಹಾದುಹೋಗಬೇಕು ಮತ್ತು ದ್ವಿಸಂಯೋಜಕ (bivalent) ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ-ಆಟಂ ನಿಕ್ಷೇಪವಾಗಲು ಇದಕ್ಕೆ ಎರಡರಷ್ಟು ಬೇಕಾಗುವುದು.

ಫ್ಯಾರಡೆಯು ಈ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಾಗ "ಯುರೇಕಾ (Eureka)" ಎಂದು ಕೂಗಿ, ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ತಾನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿರುವೆ ನೆಂದು ಘೋಷಿಸಿದುದಾಗಿ ಪ್ರಾಯಶಃ ನೀವು ಎಣಿಸಿರಬಹುದುಲ್ಲವೇ ? ಖಂಡಿತ ಅಲ್ಲ. ಪ್ರಜ್ಞಾಶಾಲಿಯಾದ ಆ ಪ್ರಯೋಗಕಾರನು ಇಂತಹ ಭ್ರಮೆಗೆ ತುತ್ತಾಗಲಿಲ್ಲ. ವಸ್ತುತಃ ಫ್ಯಾರಡೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯ ದಲ್ಲಿನ ನಮ್ಮ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಸಂಶೋಧಕನಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸಿದನು. ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕವಾದ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಮೂಲಕ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುವ ಭಾವಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕೊಳ್ಳುವುದು ಸೂಕ್ತವೆಂದು ಅವನು ಪರಿಗಣಿಸಿದನು.

ವಾಚಕನು ಕೇಳಬಹುದು : "ಅದು ಹೇಗೆ?" 6.023×10^{23} ಪರಮಾಣು ಗಳು (ಇದು ಅವೊಗಾಡ್ರೋನ ಸಂಖ್ಯೆ ಎಂಬುದು ನಿಮಗೆ ನೆನಪಿರಬಹುದು) 96 500 ಕೂಲಾಂಬುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊತ್ತಿವೆ ಎಂದು ತೋರಿಸ ಲಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಎರಡನೆಯ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಮೊದಲನೆಯ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ, ಯಾವುದೇ ಏಕಸಂಯೋಜಕ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಹೊತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯು ಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು ಲಭಿಸುವುದು. ಭಾಗಲಬ್ಧವು 1.6×10^{-19} ಕೂಲಾಂಬುಗಳು.

ಇದೀಗ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಮೊತ್ತ ಅಥವಾ "ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಮಾಣು" ಅಥವಾ "ಮೂಲಭೂತ ವಿದ್ಯುದಂಶ."

ಆದರೆ ಅವೊಗಾಡ್ರೋನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು 1870ರವರೆಗೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಆಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಅದಾದಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ (ನೂರೇ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ) ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲು ಇಷ್ಟಪಡುವ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು (ಇವರ ಚಿತ್ತ ವೃತ್ತಿ ಮತ್ತು ಮನೋಭಾವಗಳು ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಮಿತಿಗಳೊಳಗೇ ಇರಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುವ ಸಂಶೋಧಕನಿಂದ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುವು) ಈ ಮುಂದೆ ಹೇಳುವ ಕಲ್ಪನೆಯು ಅತ್ಯಂತ ಸಂಭವನೀಯವೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರು. ವಿದ್ಯುತ್‌ರಹಿತ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ಅಥವಾ ಹಲವಾರು (ಧನ ಅಥವಾ ಋಣ) ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೂಲಭೂತ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಹೊತ್ತಿರುವ ಕಣಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊತ್ತಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳು (ಧನಾಯನರ್‌ಗಳು cations) ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷಣದಲ್ಲಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ನಿಕ್ಷೇಪಗೊಳ್ಳುವುವು; ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊತ್ತಿರುವ ಕಣಗಳು (ಋಣಾಯನಗಳು anions) ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ನಿಕ್ಷೇಪಗೊಳ್ಳುವುವು.

ನೀರಿನಲ್ಲಿ ವಿಲೀನವಾದ ಕ್ಷಾರದ ಅಣುಗಳು ಋಣಾಯನಗಳಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಧನಾಯನಗಳಾಗಿಯೂ ವಿಯೋಜಿಸಲ್ಪಡುವುವು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪ್ಪಿನ, ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್‌ನ ಅಣುವು ಸೋಡಿಯಂನ ಒಂದು ಧನಾಯನವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರಿನಿನ ಒಂದು ಋಣಾಯನವಾಗಿಯೂ ವಿಯೋಜನ ಹೊಂದುವುದೇ ವಿನಹ ಸೋಡಿಯಂನ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರಿನಿನ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಾಗಿ ಅಲ್ಲ.

ಅಯಾನ್‌ಗಳ ಹರಿವು

ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷಣವು ಸಂಶೋಧಕನಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಇವೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯ ಸೂಚನೆಯನ್ನು ನೀಡುವುದು ಮಾತ್ರವಷ್ಟೆ.

ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಭರಿತ ತುಂಡುಗಳಾಗಿ

ಪರಿವರ್ತಿಸಲು (ಈ ಘಟನೆಗೆ ಅಯಾನೀಕರಣ ಎಂದು ಹೆಸರು) ಅನೇಕ ಕಾರ್ಯ ಕ್ರಮಗಳು ಸೂಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು. ವಿದ್ಯುತ್‌ಭರಿತ ಕಣಗಳ ಸದಿಶಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡಲು ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯ್ತು ಮತ್ತು ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಅಯಾನ್‌ಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವ ವಿಧಾನ ಗಳನ್ನೂ ಸಾಧಿಸಲಾಯ್ತು. ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅಯಾನ್‌ಗಳ ಪ್ರವಾಹದ ವಿಚಾರ ವಾಗಿ ಮೊದಲು ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಗಳಿಸಿದ್ದು ಅವರು ವಿರಳಪಡಿಸಿದ ಅನಿಲವಿರುವ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ನಳಿಕೆಯನ್ನು ಏಕಮುಖವಾಗಿ ಪ್ರವಾಹಪರಿಪಥ ಒಂದಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿ ದಾಗ, ನಳಿಕೆಯ ಗಾಜಿನಲ್ಲಿ ಮೊಹರಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಕೆಳಮಟ್ಟದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ವಿರಳಪಡಿಸಿದ ಅನಿಲವನ್ನು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಬಹಳ ಸುಲಭ ವೆಂದು ಹೊರಪಟ್ಟಿತು. ಅನಿಲವನ್ನು ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳು ಅಥವಾ ನೀಲಾತೀತ ಬೆಳಕು ಅಥವಾ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವಿಕಿರಣ ಇವುಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅಯಾನೀಕರಿಸ ಬಹುದು. ಇಂತಹ ವಿಶಿಷ್ಟ ವಿಧಾನಗಳಿಲ್ಲದೆಯೇ ನಳಿಕೆಯ ತುದಿಸಂಬಂಧಕಗಳಿಗೆ (terminals) ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಲೇ ನಾವು ಕಾರ್ಯಸಾಧಿಸಬಹುದು.

ಹೀಗಾಗಿ ಅನಿಲವು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಣುಗಳು ಋಣ ಅಯಾನ್ ಗಳು ಮತ್ತು ಧನ ಅಯಾನ್‌ಗಳಾಗಿ ಒಡೆದಿವೆಯೆಂದು ನಾವು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಋಣ ಆಯಾನ್‌ಗಳು ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವದ ಕಡೆಗೂ ಮತ್ತು ಧನ ಅಯಾನ್‌ಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವದ ಕಡೆಗೂ ಸಂಚರಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಟ್ಟ ಮುಖ್ಯವಾದ ಒಂದು ಮುನ್ನಡೆ ಎಂದರೆ ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹ ಒಂದನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುವುದು. ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದು ಹೇಗೆಂದರೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ ದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತೂತುಕೊರೆದು ತೂತಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಒಂದೇ ಚಿಹ್ನೆಯ ಅಯಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಹಾಯದಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಪಡಿಸು ವುದು. ಒಂದು ತೂತಿನಬಿಲ್ಲೆಯ (diaphragm) ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಧಿಕ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಋಣ ಅಥವಾ ಧನ ಅಯಾನ್‌ಗಳ ಇಕ್ಕಟ್ಟಾದ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಪಡೆಯ

ಬಹುದು. ಇಂತಹ ಒಂದು ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು TV-ಚಿತ್ರ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವಂತಹ ತೆರೆಯ ಕಡೆಗೆ ತಿರುಗಿಸಿದರೆ ಹೊಳೆಯುವ ಒಂದು ಚುಕ್ಕೆಯನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಅಯಾನ್‌ಗಳ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರ ಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ ಮತ್ತು ಈ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ಕೆಪಾಸಿಟರುಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ಈ ಚುಕ್ಕೆಯು ತೆರೆಯ ಮೇಲೆಲ್ಲಾ ಸುಳಿದಾಡುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಇದೇ ತರಹದ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಅದರ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕವನ್ನು (parameters), ಅಂದರೆ ಅದರ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಲಾಭವು ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಳು ಮಾಡಿದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು, ಅಂದರೆ

$$\frac{mv^2}{2} = eV$$

ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿದೆ ಮತ್ತು ಕಣಗಳ ವೇಗ ವನ್ನು ಹಲವಾರು ವಿಧದ ಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ತೆರೆಯಮೇಲೆ ಬೆಳಕಿನ ಚುಕ್ಕೆಯ ಒಲವನ್ನು ನಾವು ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು. ಕಣದ ಪಥವು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಉದ್ದವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ ಮತ್ತು ಅದರ ಆರಂಭದ ವೇಗವು ಎಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ ಇದ್ದರೆ, ಒಲವು ಅಷ್ಟೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ಬಗೆಹರಿಸಬಹುದು. ಅದು ಕ್ಷಿತಿಜದಿಕ್ಕಿನ ನೇರಕ್ಕೆ ಎಸೆದ ಕಲ್ಲಿನ ಪಥವನ್ನು ಗಣನೆ ಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ.

ಅಯಾನ್ ತನ್ನ ಪಥದ ಮೇಲೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹಾದುಹೋಗುವುದಕ್ಕೆ ಓಡಿಯುವ ಕಾಲವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡುವುದಕ್ಕೂ ಕ್ರಮಗಳಿವೆ.

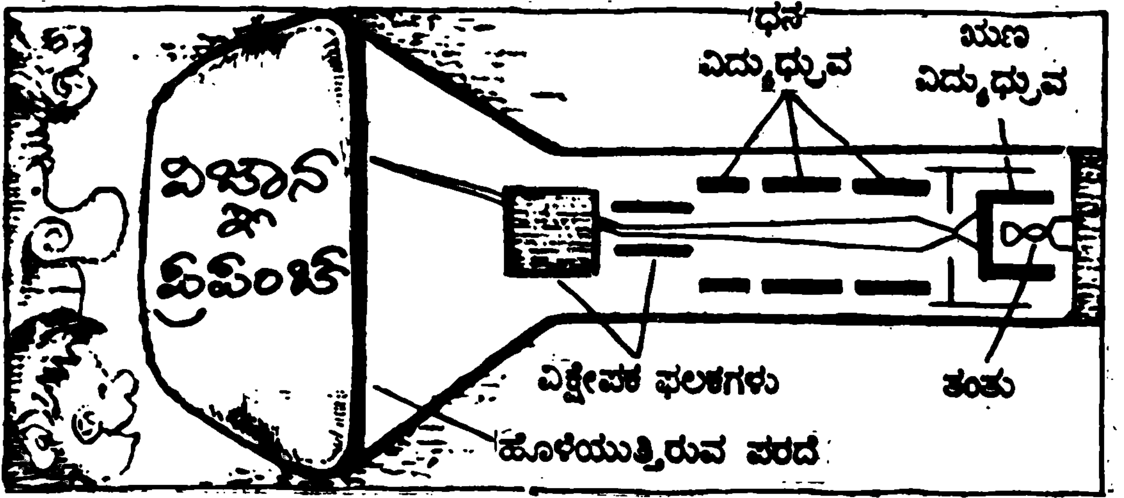
ಇದರಿಂದಾಗಿ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಮತ್ತು ಅಯಾನಿನ ವೇಗ ಇವೆರಡೂ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಂದ ನಾವು ಏನು ಪರಿಕಲನಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು ? ಕಣದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ಅದರ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಇವುಗಳ

ಅನುಪಾತವನ್ನು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದೆಂದು ಕಂಡು ಬರುವುದು. ಆದರೆ ಪ್ರಯೋಗದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಿದರೂ ಅಥವಾ ಕಣಗಳ ಓಲುವಿಕೆಗಳು ಮತ್ತು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗಳು ಇವುಗಳ ಯಾವುದೇ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ನಾವು ಬಳಸಿಕೊಂಡರೂ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ದ್ರವ್ಯಾಂಶದಿಂದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಶೋಚನೀಯ. ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದ ಗಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅಂಶಗಳ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷಣದಿಂದ ಲಭಿಸಿದ ಮೂಲಭೂತ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೌಲ್ಯದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ನಾವು ಒಂದು ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹವಾದ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರಬಹುದು : ಎಲ್ಲಾ ಏಕಸಂಯೋಜಕ ಅಯಾನ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ, ದ್ವಿಸಂಯೋಜಕ ಅಯಾನ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ಎರಡರಷ್ಟಾಗಿರುತ್ತವೆ, ತ್ರಿಸಂಯೋಜಕ ಅಯಾನ್‌ಗಳದು ಇದರ ಮೂರರಷ್ಟು, ಇತ್ಯಾದಿ. ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದಾದ ವಿದ್ಯುದಂಶ–ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಇವುಗಳ ಅನುಪಾತಗಳಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಒಂದು ಅಯಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವ ಒಂದು ಕ್ರಮವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.

ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ, ಮೇಲಿನ ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗದ ತತ್ವವನ್ನು ಆಧರಿಸಿದ ಮತ್ತು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಯಂತ್ರಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ 'ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವರ್ಣಪಟಲ ಗ್ರಾಹಕ' (mass spectrograph) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಗಿದೆ. ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ ಅದು ಅಯಾನ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶ–ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಅನುಪಾತವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಕಿರಣಜಾಲ

ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಕನಿಷ್ಠಾಂಶ ಇರುವುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಿದ ಭೌತ ದ್ರವ್ಯದ ವಾಹಕವೂ ಒಂದು ಇರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ನಿಶ್ಚಿತ ಅಭಿಪ್ರಾಯಕ್ಕೆ ಒಯ್ದ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಘಟನೆಗಳ ಸೊಟ್ಟಗತಿಯನ್ನು ನಾವು ಅನುಸರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಬದಲಾಗಿ, ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿನ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪಾಠಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲ್ಪಡುವ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ವರ್ಣಿಸುತ್ತೇವೆ.



ಚಿತ್ರ 2.1

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಅಥವಾ ಕ್ಯಾಥೋಡ್–ಕಿರಣ (cathode-ray) ನಳಿಕೆ ಎಂದು ಹೆಸರಿದ್ದಿತು. ಈಗ ಅದನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್–ಕಿರಣಜಾಲ ನಳಿಕೆ (electron-beam) ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತುಪಾಕಿ (electron gun) ಅಥವಾ ಆಂದೋಲನ ಲೇಖಕ (oscillograph) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ನಿಮ್ಮ ಶಾಲಾ ದಿನಗಳು ಬಹಳ ಹಿಂದಿನವುಗಳಾದರೆ ಮತ್ತು ಈ ಉಪಕರಣದ ಪರಿಚಯು ಹೊಂದಲು ನಿಮಗೆ ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲದೆ ಹೋಗಿದ್ದರೆ ಚಿಂತೆ ಇಲ್ಲ, ನೀವು ಈಗ ಅವುಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ನೋಡಿರುವಿರಿ : ನಿಮ್ಮ ದೂರದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರದ (television set) ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಭಾಗವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್–ಕಿರಣಜಾಲ ನಳಿಕೆ. ನಳಿಕೆಯ ಸ್ವಲ್ಪ ಚಪ್ಪಟೆ ಮಾಡಿದ ಒಂದು ಕೊನೆ ಅಥವಾ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲವು ನಾವು ಹಲವು ಸಮಯಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಸಂತೋಷದಿಂದ ನೋಡುವ ಮತ್ತು ಕಾಲ ಹರಣಕ್ಕೆ ನಮಗೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುವ, ಚಲನಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.

ಆದರೂ, ಶಾಲೆಯ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ಇಂತಹ ಒಂದು ನಳಿಕೆಯ ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ನಳಿಕೆಯುನ್ನು ಆದರ್ಶ

ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ; ವಿಯೋಜನೆ ಹೊಂದುವ ಎಲ್ಲಾ ಅಣುಗಳನ್ನೂ ಪಂಪ್‌ಮಾಡಿ ಹೊರದೂಡಲಾಗಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ವೆಂಬ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ತಂತುವನ್ನು ಅದು ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುವಷ್ಟು ಕಾವೇರಿಸಿದಾಗ ತಂತುವು ಕ್ಯಾಥೋಡನ್ನು (ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವವನ್ನು) ಕಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಆಗ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಮತ್ತು ಆನೋಡ್ (ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ) ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲದ ಆಯಾ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಪ್ರದೀಪ್ತಿ ಶೀಲ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಹೊಳೆಯುವ ಚುಕ್ಕೆಯನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಈಗ ಒಂದು ಅಳತೆಯ ಉಪಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ನೀವು ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವದಿಂದ ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಸಾಗುತ್ತಿದೆಯೆಂದು ಸಮರ್ಥಿಸ ಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ ಪ್ರವಾಹ (anode current) ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ನಿರ್ವಾಯು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವವು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವುದೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರಬೇಕಾಗುವುದು. ಇದನ್ನು **ತಾಪೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್** ಅಥವಾ **ತಾಪಾಯನಿಕ ಉತ್ಸರ್ಜನ** ("ಥರ್ಮೊಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್" ಅಥವಾ "ಥರ್ಮಿಯಾನಿಕ್ ಉತ್ಸರ್ಜನ") ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಯಾವುದೇ ಕಾಯವೂ ಈ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು.

ಈ ಕಣಗಳು (ಇವುಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಎಂಬುದನ್ನು ವಾಚಕರಿಂದ ಮರೆಮಾಚುವುದಿಲ್ಲ) ಒಂದು ಕೊನೆ ಮುಚ್ಚಿರುವ ಮತ್ತು ಬುಡದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗುಂಡಾದ ಸಣ್ಣ ತೂತು ಮಾಡಿರುವ ಟೊಳ್ಳು ಉರುಳೆಯ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾಡಿರುವ ಆನೋಡ್ (ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ) ಕಡೆಗೆ ಸಾಗುತ್ತವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಗಳು ಒಂದು ಕಡಿಮೆ ಅಗಲದ ಕಿರಣಜಾಲದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವಿಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತವೆ, ಇದನ್ನು ಮೇಲೆ ಅಯಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲಕ್ಕೆ ವಿವರಿಸಿರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಪರಿಶೀಲಿಸ ಬಹುದು.

ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತಿದೆ ಎಂಬು

ದನ್ನು ಪರದೆಯ ಮೇಲಿನ ಹೊಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಚುಕ್ಕೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಿಕೊಂಡು, ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶ–ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಅನುಪಾತವನ್ನು ವಿಕ್ಷೇಪಕ ಫಲಕಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತೇವೆ. ಇದರಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುವ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಹೀಗಿವೆ : ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಈ ಅನುಪಾತವು, ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹಗುರವಾದ ಅಯಾನ್, ಅಂದರೆ ಜಲಜನಕದ ಅಯಾನಿಗಿಂತ 1840ರಷ್ಟಿರುವುದು. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಜಲಜನಕದ ಅಯಾನ್ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಿಂತ 1840ರಷ್ಟು ಭಾರ ವಾಗಿರುವುದೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು 9×10^{-28} ಗ್ರಾಂಗಳು.

ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ತುಂಬ ಆತುರದಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿದಿದ್ದೇವೆ ಎಂದು ವಾಚಕನು ಆಕ್ಷೇಪಿಸುವುದು ನ್ಯಾಯವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಮೇಲ್ನೋಟಕ್ಕೆ, ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಒಂದು ಅಯಾನಿನದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಎಂದು ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶ–ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಅನುಪಾತದ ಅಳತೆಯಿಂದ ಮಾತ್ರ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾದ ಅಯಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶವೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶವೂ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರಬಹುದಲ್ಲವೇ ?

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶ–ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಅನುಪಾತವನ್ನು ಮಹಾ ಬುದ್ಧಿಶಾಲಿಯಾದ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಸರ್ ಜೋಸೆಫ್ ಜಾನ್ ಥಾಂಸನ್ (1856-1940) ಎಂಬಾತನು ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿಯೇ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಆತನ ಸ್ನೇಹಿತರು ಆತನನ್ನು ಜೆ. ಜೆ. ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಿದ್ದರು. (ಪ್ರೌಢಪ್ರಬಂಧಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಜೀವನಚರಿತ್ರೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಕಾಣುವ ಈ ಸಂಕೇತಾಕ್ಷರಗಳ ಬಳಕೆಯು ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಜನರಿಗೆ ಇಂತಹ ಸಂಕೇತಗಳು ರುಚಿಸುವುವೆಂದಲ್ಲ; ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ ಇದೇ ಹೆಸರಿನ ಮತ್ತೊಬ್ಬ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ 19ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಜೀವಿಸಿದ್ದು ಕಾರ್ಯನಿರತನಾಗಿದ್ದ ಕಾರಣದಿಂದ ಮಾತ್ರ. ಆತನು ವಿಲಿಯಂ ಥಾಂಸನ್ (1824–1907). ಆತನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಶ್ರೇಷ್ಠತೆಗಾಗಿ ಆತನಿಗೆ ಹಿರಿತನದ ಪದವಿ (peerage) ನೀಡಲಾಯ್ತು, ಮತ್ತು ಆತನು ಲಾರ್ಡ್ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಆದನು). ಜೆ. ಜೆ. ಥಾಂಸನ್ ಬಳಸಿಕೊಂಡ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ನಳಿಕೆಯು

ಆಧುನಿಕ ಆಂದೋಲನಲೇಖಿಕ ಉಪಕರಣದಷ್ಟು (oscillograph) ಸುಧಾರಿತವಾದುದಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುದಂಶವು ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಸ್ವರೂಪವುಳ್ಳದ್ದೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವೆಂದೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕನಿಷ್ಠಾಂಶವೊಂದು ಇರಬಹುದೆಂದೂ ತನ್ನ ಅಳತೆಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುವೆಂದು ಥಾಂಸನ್ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರಿತಿದ್ದನು.

ಅನೇಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಮತ್ತು ಆನೋಡ್ ಕಿರಣಜಾಲಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿದ್ದರೂ, ಈ ಕಿರಣಜಾಲಗಳು ತರಂಗ ಸ್ವಭಾವವುಳ್ಳವುಗಳೆಂಬ ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವವರು ಅನೇಕರಿದ್ದರೆಂಬುದು ವಿಚಿತ್ರವಾದ ಸಂಗತಿ. ಒಂದು ಲೋಹ ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ, ಒಂದು ದ್ರವದ ಮೂಲಕ ಮತ್ತು ಒಂದು ಅನಿಲ ಅಥವಾ ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶದ ಮೂಲಕ ಸಾಗುವ ಪ್ರವಾಹಗಳಲ್ಲಿ ನಿಕಟಸಂಬಂಧವಿರುವುದೆಂದು ಹೇಳುವುದಕ್ಕೆ ಈ ಸಂಶೋಧಕರು ಯಾವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನೂ ಕಾಣಲಿಲ್ಲ. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಸಮರ್ಥನೆಗಳಿಗಾಗಿ ಅವರು ಒತ್ತಾಯಪಡಿಸಿದರು. ಅವರ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ನಾವು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು : ಒಂದು ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಯನ್ನು ವಾಸ್ತವಾಂಶವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸಂದರ್ಭ ಸಾಕ್ಷ್ಯವೇ(circumstantial evidence) ಸಾಲದು.

ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಈ ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಯ ಸಪ್ರಮಾಣತೆಯನ್ನು ಕಣಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಪರಿಮಾಣದ ನೇರವಾದ ಅಳತೆಗಳ ಮೂಲಕ ಸಮರ್ಥಿಸಬೇಕಾದುದು ಅಗತ್ಯವಾಯ್ತು. ಈ ಅಳತೆಗಳನ್ನು – ಇವು ನಿಷ್ಫಲವಾದವುಗಳೇನೂ ಆಗಿರಲಿಲ್ಲ – ಥಾಂಸನ್ ಮತ್ತು ಅವನ ಅನುಯಾಯಿಗಳು 20 ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಆರಂಭಿಸಿದರು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರತೆಯ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಅಮೆರಿಕದ ರಾಬರ್ಟ್ ಆನ್‌ಡ್ರೂಸ್ ಮಿಲಿಕನ್ (1868-1953) ಎಂಬ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಾಡಿದನು.

ಮಿಲಿಕನ್ನನ ಪ್ರಯೋಗ

ವಿದ್ಯುದಂಶದ ವಿಚ್ಛಿನ್ನಸ್ವರೂಪ (discreteness) ಭಾವನೆಯು ದಿಟ್ಟತನದ್ದಾಗಿ ತೋರುವುದು, ಮತ್ತು ಈ ಅಧ್ಯಾಯದ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ನಾವು ಕೊಡಲು

ಹೊರಟ ನಿರೂಪಣೆಯ ವಿಷಯವಾದ ಮೂಲಭೂತ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ನಿರ್ಣಯ ವನ್ನು ಬೇರೆ ವಿಧದಲ್ಲಿ ನಡೆಸಬಹುದು. ಋಣಾಯಾನಗಳು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಇರುವುವು ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಧನ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ದ್ರವ ವೆಂದು ವಾದಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಏನು ತಪ್ಪು ? ಒಂದು ಅಯಾನು ಈ ದ್ರವದ ಒಂದು ಮೊತ್ತವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ, ಇನ್ನೊಂದು ಅಯಾನು ಮತ್ತೊಂದು ಮೊತ್ತ ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಒಂದು ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯ ವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ವಿವರಣೆಯು ಸಮಂಜಸವಾಗಿರುವುದಲ್ಲವೇ ?

ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರುವುದೆಂಬ ವಾದಕ್ಕೆ ಥಾಂಸನ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಪ್ರಬಲ ಬೆಂಬಲವನ್ನಿತ್ತರೂ, ಅವು ನಿರ್ಧಾರಕವಾದವುಗಳಾಗಿರ ಲಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆಂದಮೇಲೆ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮೂಲಭೂತ ವಿದ್ಯುದಂಶ ವಿರುವುದನ್ನು ಸಮಸ್ತ ಸಂಶಯಗಳೂ ತಕ್ಷಣವೇ ತ್ಯಜಿಸಲ್ಪಡುವಂತೆ ವಿಶದಪಡಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗ ಒಂದರ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಒತ್ತಿಹೇಳಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ, ಇಂತಹ ಪ್ರಯೋಗ ಒಂದನ್ನು 1909ರಲ್ಲಿ ರಾಬರ್ಟ್ ಮಿಲಿಕನ್ನನು ಕಲ್ಪಿಸಿದನು. ಈ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಇತರ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಈ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಂಶೋಧನೆಯು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಆತನ ಹೆಸರು ಬರುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಾಯಿತು.

ಅತ್ಯಂತ ಚಾತುರ್ಯಯುಕ್ತವಾದ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂಲತತ್ವವು ಒಂದು ಬಹಳ ಸರಳವಾದ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿ ಹೊಂದಿದೆ. ಒಂದು ತುಪ್ಪಳದ ತುಂಡಿನಿಂದ ಉಜ್ಜಲ್ಪಟ್ಟ ಗಾಜಿನ ದಂಡವು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಗುಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯು ವಂತೆಯೇ ಇತರ ಪದಾರ್ಥಗಳೂ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಣ ಎಂದು ಹೇಳುವರು. ಆದರೆ ಈ ಗುಣವು ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇರುವುದೆಂದು ಹೇಳಲು ಏನು ಕಾರಣವಿದೆ ? ಒಂದು ಅರೆ (chamber) ಒಳಕ್ಕೆ ಸಣ್ಣ ತೈಲದ ಧಾರೆಯ ತುಂತುರುಗಳನ್ನು ಎರಚಿದರೆ ಅವು ಗಳು ತುಂತುರು ಯಂತ್ರದ (atomizer) ಕಂಡಿಯಿಂದ ಸಾಗುವಾಗ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾಗುವುವೇ ? ಆಗುವುದೆಂದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು,

ತತ್ವಶಃ ಬಹಳ ಸುಲಭವಾದ ಒಂದು ಉಪಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ತೋರಿಸಿಕೊಡ ಬಹುದು. ಒಂದು ಅರೆಯೊಳಗೆ ಅಳವಡಿಸಲಾದ ಕ್ಷಿತಿಜದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ಎರಡು ಕೆಪಾಸಿಟರ್ ಫಲಕಗಳ ಮಧ್ಯದ ಪ್ರದೇಶದೊಳಕ್ಕೆ ಸಣ್ಣ ತೈಲತುಂತುರುಗಳ ಧಾರೆಯನ್ನು ಒಳಹೊಗಿಸಬೇಕು. ತುಂತುರುಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಒಂದು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಬೇಕು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುವವರೆಗೂ, ಹನಿಗಳು ಸಹಜವಾಗಿ ಗುರುತ್ವದಿಂದಾಗಿ ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಬೀಳುವುವಷ್ಟೆ. ಹನಿಗಳು ಬಹಳ ಹಗುರವಾದುವು ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವದ ಬಲವು ಕೂಡಲೇ ವಾಯುವಿನ ಪ್ರತಿರೋಧದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಸಮತೂಕ ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅವು ಏಕರೀತಿಯ ವೇಗದಿಂದ ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಹಾಯುತ್ತವೆ. ಫಲಕಗಳ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದ ಕೂಡಲೇ ಹನಿಗಳ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಖಚಿತವಾದ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ ಅವುಗಳ ಚಲನೆಯು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ವೇಗ ಮಾಂದ್ಯಯುತವಾದದ್ದೋ ಆಗುವುದು. ಮಿಲಿಕನ್ನನು ಹನಿಗಳು ವೇಗಮಾಂದ್ಯ ಹೊಂದುವ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಂಡನು. ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಹನಿಯು ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಆತನಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಒಂದೇ ಒಂದು ತೈಲದ ಹನಿಯನ್ನು ಹಲವಾರು ಘಂಟೆಗಳ ಕಾಲ ವೀಕ್ಷಿಸಿದನು. ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ ಅದರ ಚಲನೆಯನ್ನು ತನ್ನ ಹತೋಟಿಯಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಅಥವಾ ಅದನ್ನು ಇಷ್ಟ ಬಂದಾಗ ನಿಲ್ಲಿಸಲೂ ಆತನಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ನಾವು ಏನು ಗಣನೆ ಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು ? ಮೊದಲಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಮಾಡಿದ ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಪಡೆಯಲಾದ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸೋಣ. ಗುರುತ್ವದ ಬಲ ಮತ್ತು ವಾಯುವಿನ ಪ್ರತಿರೋಧ ಇವುಗಳ ಸಮತ್ವವನ್ನು

$$mg = av$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಬಹುದು. ತೈಲದ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕ

ಪ್ರಯೋಗ ಒಂದರಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು; ಹನಿಯ ವ್ಯಾಸವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ದರ್ಶಕದಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು. ಇದಾದಮೇಲೆ ಹನಿಯ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಕಷ್ಟವಿಲ್ಲದೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಹನಿಯು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಸರಿಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಯವದ ಮೇಲೆ ಅಳತೆಗೆರೆಗಳನ್ನು ಕೊರೆದು ಸಾಕಷ್ಟು ನಿಖರತೆಯ ಮಟ್ಟವುಳ್ಳ ನಿಲ್ಗಡಿಯಾರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಹನಿಯ ವೇಗ v ಯನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು. ಆಮೇಲೆ, ಈ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಆದೇಶ ಮಾಡಿದರೆ a ಎಂಬ ಪ್ರತಿರೋಧ ಗುಣಾಂಕವು ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದಾದಮೇಲೆ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಹನಿಯು ಏಕರೀತಿಯ ವೇಗದೊಡನೆ ಮೇಲಕ್ಕೇರುವಂತೆ ಆಗುವ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುವುದು. ಹಿಂದಿನ ಎರಡು ಬಲಗಳಿಗೆ ಈಗ ಮೂರನೆಯ ಒಂದು ಬಲವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದಂತಾಯಿತು; ಗೊತ್ತಾದ ತೀವ್ರತೆ E (ಫಲಕಗಳ ಅಂತರದಲ್ಲಿನ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗೂ ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತ) ಉಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲ. ಏಕರೀತಿ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಮೇಲುಗಡೆಗೆ ಚಲನೆಯ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ಮೂರು ಬಲಗಳೂ ಪರಸ್ಪರ ಸಮತೂಕವಾಗಿರುವುವು ಎಂದು. ಇಂತಹ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ನಿಯಮವು

$$qE - mg = av'$$

ಎಂಬುದರಿಂದ ಸೂಚಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ವೇಗದ v' ಎಂಬ ಹೊಸ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಅದೇ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ನಿಲ್ಗಡಿಯಾರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಹನಿಯ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಒಂದನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಮಿಕ್ಕ ಪರಿಮಾಣಗಳೆಲ್ಲಾ ಗೊತ್ತಾದವು – ಈಗ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಗಣನೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ನಿಷ್ಠಾವಂತರಾದ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಯೋಗಕಾರರೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದತ್ತಾಂಶಗಳಿಗಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡಿರುವ ದಿನಚರಿಪುಸ್ತಕ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಬರೆದಿಡಬೇಕು.

ತೈಲ ತುಂತುರು ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯ ಭಾವನೆಗೆ ಈಗ ನಾವು ಬಂದಿರುತ್ತೇವೆ. ಮಿಲಿಕನ್ನನು ಅನುಮಾನಿಸಿದ್ದೇನೆಂದರೆ : ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷ್ಯದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಚಿಹ್ನೆ ಉಳ್ಳ ಅಯಾನುಗಳು ಸಾಗಿಸುತ್ತವೆ.

ಆದರೆ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಉಂಟುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ. ವಾಯುವನ್ನು ಹಲವು ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಅಯಾನೀಕರಿಸಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸಮಗ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಒಂದು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ನಳಿಕೆಯ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಇಡಬಹುದು. ಆಗ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ವಾಯುವನ್ನು ಅಯಾನೀಕರಿಸುತ್ತವೆ. ಇದು 1909ರಲ್ಲಿ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದುಬಂದಿತ್ತು. ಆದರೆ ಒಂದು ಹನಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಣಮಾಡಿದರೆ, ಅದು ತನಗೆ ವಿರುದ್ಧ ಚಿಹ್ನೆಯ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಅಯಾನು ಒಂದು ಹನಿಯನ್ನು ಸೇರಿದ ಕೂಡಲೇ, ಹನಿಯ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಬದಲಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಅದರ ವಿದ್ಯುದಂಶದೊಡನೆ ಅದರ ವೇಗವೂ ಬದಲಾಗುವುದು. ಈ ಹೊಸ ವೇಗವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಅಳತೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ವೀಕ್ಷಣಗಳು ಈ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಇತ್ತವು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ನಳಿಕೆಯನ್ನು ನಡೆಸಲು ಆರಂಭಿಸಿದಾಗ, ಆಗಾಗ ಕೆಲವು ಹನಿಗಳ ವೇಗವು ಥಟಕ್ಕನೆ ಬದಲಾಗುತ್ತಿದ್ದುವು. ಒಂದಾನೊಂದು ಹನಿಯನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ವೀಕ್ಷಕನು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಮೊದಲೂ ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆಯೂ ಇದ್ದ ವೇಗಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುತ್ತಾನೆ. ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಸೂತ್ರದಿಂದ q ಎಂಬುದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಇಷ್ಟೆಲ್ಲಾ ಏತಕ್ಕಾಗಿ ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಇನ್ನೂ ನೀವು ಊಹಿಸಲಿಲ್ಲವೇ ? ಪುನಃ ಯೋಚಿಸಿ. ಮೂಲಭೂತ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಒಂದಿರುವುದಾದರೆ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಮೌಲ್ಯವು ಒಂದೇ ಒಂದು ಏಕಸಂಯೋಜಕ (monovalent) ಅಯಾನು ಹನಿಯೊಡನೆ ಕೂಡಿಕೊಂಡಾಗ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು ಅಥವಾ ಹಲವಾರು ಅಯಾನುಗಳು ಹನಿಯೊಡನೆ ಕೂಡಿಕೊಂಡರೆ ಮೂಲಭೂತ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಅಪವರ್ತ್ಯವಾಗಿರಬೇಕು.

ತೈಲ, ನೀರು, ಪಾದರಸ ಮತ್ತು ಗ್ಲಿಸರೀನ್ (glycerine) ಇವುಗಳ ಹನಿಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಮತ್ತು ಹನಿಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನು ಬದಲಿಸಿಯೂ ಮಿಲಿಕನ್ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ನಡೆಸಿ ತನ್ನ ದಿನಚರಿ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು q ಎಂಬುದರ ನೂರಾರು ಮೌಲ್ಯಗಳಿಂದ ತುಂಬಿಸಿದನು, ಮತ್ತು ಅವುಗಳೆಲ್ಲಾ ಸಮವಾಗಿಯೋ

ಅಥವಾ ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯದ ಅಪವರ್ತ್ಯವಾಗಿಯೋ ಇದ್ದುವು. ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷಣದ ಸಂಶೋಧಕರು ಪಡೆದಿದ್ದ ಮೌಲ್ಯವು ಇದೇ ಆಗಿದ್ದಿತು.

ಮಿಲಿಕನ್ನನು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದಾಗ ತೀವ್ರ ಸಂದೇಹಪರರಾದ ಅವನ ವಿರೋಧಿಗಳು ಕೂಡ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನವಾದ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೇ ದೊರಕುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರು. ಆದರೆ ನಿಖರವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಮಿಲಿಕನ್ನನ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒಂದು ಕಣ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಆದರೇನು, ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ವಾಸ್ತವಾಂಶಗಳ ಮುನ್ಸೂಚನೆಗಳಾಗಿ ಇರುತ್ತವೆ. 19ನೆಯ ಶತಮಾನದಷ್ಟು ಹಿಂದೆಯೇ ಹಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ತು ಕಣಾತ್ಮಕ ಸ್ವಭಾವದ್ದಿರಬೇಕೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದರು. ಅಯಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು 1881ರಲ್ಲಿ ಐರಿಷ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಜಾರ್ಜ್ ಜಾನ್‌ಸ್ಟನ್ ಸ್ಟೋನಿ (1826–1911) ಗಣನೆಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದನು ಮತ್ತು ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಕಣಕ್ಕೆ ಅಲ್ಲ, ಆದರೆ ಏಕಸಂಯೋಜಕ ಋಣ ಅಯಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶಕ್ಕೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಕೊಟ್ಟನು. ಜೆ. ಜೆ. ಥಾಂಸನ್ನನ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒಂದು ಕಣರೂಪದಲ್ಲಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಂಬುವಂತೆ ಒತ್ತಾಯಪಡಿಸಿದುವು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂಬುದು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಹೊತ್ತ ಕಣ ಎಂದು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದವನು ಜರ್ಮನ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಪಾಲ್ ಕಾರ್ಲ್ ಲುಡ್ವಿಗ್ ಡ್ರೂಡೆ (1863–1906) ಎಂಬಾತನು.

ಹೀಗಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅದನ್ನು "ಕಾಣುವುದಕ್ಕೆ" ಮುಂಚೆಯೇ ಗುರ್ತಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದಿತು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ನೇರವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಆಮೇಲೆ ನಿಖರವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಲಾಯಿತು. ಈ ಕಣಗಳ ಒಂದು ದುರ್ಬಲವಾದ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಒಂದು ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಹಾಗೆ ಮಾಡಿದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದೊಂದಾಗಿ ಎಣಿಸಬಹುದು. ಸಂದೀಪ್ತಿಶೀಲ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರತಿ ಒಂದು

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೂ ಒಂದು ಹೊಳಪನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಸಂದೀಪ್ತಿ ಶೀಲ (Luminescent) ಪರದೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯ ಕೌಂಟರುಗಳನ್ನು (counters ಎಣಿಕೆಯ ಉಪಕರಣ) ಬಹಳ ಕಾಲದಿಂದ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಅವುಗಳ ನಿರ್ಮಾತೃವಾದ ಜರ್ಮನ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಹಾನ್ಸ್ ವಿಲ್ಹೆಲ್ಮ್ ಗೈಗರ್ (1882–1945) ಎಂಬಾತನ ಹೆಸರನ್ನೇ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಒಂದೇ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಇಂತಹ ಒಂದು ಕೌಂಟರ್‌ನಲ್ಲಿ (ಎಣಿಕೆ ಉಪಕರಣ) ಅಡಗಿರುವ ಅಭಿಪ್ರಾಯವೇನೆಂದರೆ, ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್, ಒಂದು ತುಪಾಕಿಯ ಕುದುರೆ ಕೀಲಿನಂತೆ, ಸುಲಭವಾಗಿ ದಾಖಲುಮಾಡಬಹುದಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ತೀಕ್ಷ್ಣಸ್ಪಂದ (pulse) ಒಂದನ್ನು ತೊಡಗಿಸುತ್ತದೆ, ಇದರಿಂದ, ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಪಾಶವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು. ಈ ಪಾಶವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಳಹೋಗುವ ಒಂದು ಲೋಹದ ಬುರುಡೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಬುರುಡೆಯು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಅಳತೆಗೆ ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು, ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಸೆರೆಯಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರಾಯಿತು.

ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆಯೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಅಸ್ತಿತ್ವವು ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆ ಅಲ್ಲ, ಅದು ಒಂದು ವಾಸ್ತವಾಂಶ ಎಂದು ನಾವು ವಾದಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ.

ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲಭೂತ ಭಾವನೆಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಒಂದು ಪಂದ್ಯದ ಮೋಟಾರಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಅವುಗಳ ಗತಿಯೇ ಹೀಗೆ. ಹೊಸ ವಿಷಯುಗಳು ಹಳೆಯವುಗಳನ್ನು ಹಿಂಬದಿಗೆ ತಳ್ಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನಮಂದಿರದ ರಚನೆಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳು ಕೂಡ ಚರಿತ್ರೆಕಾರರ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುವು.

ಬಹುಶಃ ಈಗ ನಾವು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಅನ್ನುವುದು ಎಂತಹದು? ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ಕೊಡಬಲ್ಲೆವು. ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ದ್ರವವು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕಣಗಳ ಒಂದು

ಪ್ರವಾಹ. ಒಂದು ಚಿಹ್ನೆಯ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಮತ್ತೊಂದು ಚಿಹ್ನೆಯ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, ಕಾಯವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

"ಅಹ, ಎಷ್ಟು ಸತ್ವಹೀನ ವಿವರಣೆ ಇದು. ಹಾಗಾದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕಣ ಯಾವುದು ?" ಎಂದು ಕೆರಳಿದ ವಾಚಕನು ಪ್ರಶ್ನಿಸುತ್ತಾನೆ.

"ಇದು ಸುಸ್ಪಷ್ಟವಲ್ಲವೇ ? ಕಣವು ಕೂಲಾಂಬ್‌ನ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದರೆ ಅದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ."

"ಅಷ್ಟೇ ಏನು ?" ಎಂದು ಚಕಿತಗೊಂಡ ವಾಚಕನು ಕೇಳುತ್ತಾನೆ.

"ಅದೆಲ್ಲಾ ನಿನ್ನ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದುದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ಅಷ್ಟೇ. ಆದರೆ ಇನ್ನೂ ಇತರ ಕುತೂಹಲಕರವಾದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರಗಳು ಬರಲಿವೆ. ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳು ಕಂಡುಬರುವ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಇನ್ನೂ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿಲ್ಲ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕಣಗಳು ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಇವುಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಇನ್ನೂ ಇತರ ಲಕ್ಷಣಗಳ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬರುವುದು" ಎಂದು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಉತ್ತರಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಮೊದಲಿಗೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ವಿಚಾರಮಾಡೋಣ.

ಪರಮಾಣುವಿನ ಮಾದರಿ

ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕಣಗಳಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಬಗೆ ಹೇಗೆ ? ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ರೇಡಿಯಂ ಹೊರಸೂಸುವ ಕಿರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪಡೆಯಲಾಯಿತು. ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಪದಾರ್ಥ ಮತ್ತು ಇತರ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಮತ್ತು ಕೃತಕ ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಧಾತುಗಳ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಕುಟುಂಬದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಈ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆಯ 4ನೆಯ ಸಂಪುಟದಲ್ಲಿ ವಿಚಾರಮಾಡಲಿದ್ದೇವೆ. ಈಗ ಸದ್ಯಕ್ಕೆ, ರೇಡಿಯಂ ಸತತವಾಗಿ ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು (Gamma rays) ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಪ್ರವಾಹ (ಹಿಂದೆ ಇದಕ್ಕೆ ಬೀಟ ಕಿರಣಗಳು (Beta rays) ಎಂದು ಹೆಸರಿತ್ತು) ವನ್ನೂ

ಮತ್ತು ಆಲ್ಫಾ ಕಿರಣಗಳು (Alpha rays) ಎಂಬ ದ್ವಿಗುಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ (doubly charged) ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಯಾನುಗಳ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೂ ಹೊರಸೂಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ ಎಂದಿಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ತಿಳಿದಿದ್ದರೆ ಸಾಕು.

ನ್ಯೂಜಿಲೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಹುಟ್ಟಿದ ಸರ್ ಅರ್ನೆಸ್ಟ್ ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ (1871–1937) ಎಂಬ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಆಲ್ಫಾ ಕಣಗಳು (α-Particles) ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದ ಹೇಗೆ ಚದರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ ಎಂಬ ವಿಷಯವಾಗಿ ತಾನು ನೆರವೇರಿಸಿದ ಕೂಲಂಕಷವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ಗ್ರಹೀಯ ಮಾದರಿಯನ್ನು (planetary model) 1911ರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಒಂದು ಮೈಕ್ರಾನಿನ ಹತ್ತರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟೇ ದಪ್ಪವಿರುವ ತೆಳುವಾದ ಚಿನ್ನದ ಪತ್ರವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದನು. ಅವನಿಗೆ ಕಂಡುಬಂದಿದ್ದೇನೆಂದರೆ 10 000 ಆಲ್ಫಾ ಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಮಾತ್ರ 10° ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಕೋನದಷ್ಟು ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿ ಹೊಂದಿದ್ದಿತು.

ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಸರಳತೆಯ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ, ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಕಣದ ಸಾಗಣೆಯನ್ನೂ ಗುರ್ತುಮಾಡಲಾಯಿತು. ಇಂದಿನ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಇಂತಹ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾವೇ ಪೂರೈಸುವಂತೆ ನಡೆಸಬಹುದು.

ಪರಮಾಣು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಖಾಲಿ ಪ್ರದೇಶವೇ ಆಗಿರುವುದು ಎಂದು ಇದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಅಪೂರ್ವವಾಗಿ ಸಂಭವಿಸುವ ನೇರವಾದ ಡಿಕ್ಕಿಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು : ಪರಮಾಣುವಿನ ಒಳಗೆ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಬೀಜ ಒಂದು ಇರಬೇಕು. ಈ ಬೀಜವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಸುತ್ತುವರಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಅವುಗಳು ಅತಿ ಹಗುರವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಆಲ್ಫಾ ಕಣಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವೇನನ್ನೂ ಹೂಡಲಾರವು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಆಲ್ಫಾ ಕಣಗಳನ್ನು ನಿಧಾನಿಸುತ್ತವೆಯೇ ಹೊರತು, ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಬೇರೆಯಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನೊಡನೆ ಸಂಭವಿಸುವ ಘರ್ಷಣೆಯು ಕಣವನ್ನು ಅದರ ಪಥದಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಲಾರದು.

ಒಂದೇ ತರಹದ ವಿದ್ಯುತ್ತಿರುವ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಮತ್ತು ಆಲ್ಫಾ ಕಣ ಇವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಬಲಗಳು ಕೂಲಾಂಬ್ ಬಲಗಳೆಂದು ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್

ಭಾವಿಸಿದನು. ಅಲ್ಲದೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವೆಲ್ಲಾ ಅದರ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಕೂಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಂಡು, ಕಣವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕೋನದ ಮೂಲಕ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿ ಹೊಂದುವ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಗಣಿಸಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದನು ಮತ್ತು ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೂ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಮಟ್ಟದ ತಾಳೆ ಇರುವುದನ್ನು ತೋರಿಸಿದನು.

ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಾವು ಅಳವಡಿಸಿದ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಸರಿನೋಡುವುದು ಹೀಗೆಯೇ.

"ಹಾಗಾದರೆ ಮಾದರಿಯು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಮುಂಗಡವಾಗಿ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆಯೇ?"

"ಹೌದು."

"ಅಂದರೆ ಅದು ಯಥಾರ್ಥಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದೇ ?"

"ಇಷ್ಟು ಕೇವಲ ಸ್ಪಷ್ಟತೆ ಏಕೆ ? ಒಂದು ಮಾದರಿಯು ಹಲವಾರು ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುತ್ತದೆ, ಆದ್ದರಿಂದ ಅದು ಒಳ್ಳೆಯ ಮಾದರಿ. ಅದನ್ನು ಸಂಸ್ಕರಿಸುವುದು ಭವಿಷ್ಯಕ್ಕೆ ಸೇರಿದುದು."

ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್‌ನ ಪ್ರಯೋಗ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಈ ಮುಂದಿನ ನಿರೂಪಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಇದ್ದ ಎಲ್ಲಾ ಸಂಶಯಗಳನ್ನೂ ತೊಡೆದುಹಾಕಿದುವು : ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಕೂಲಾಂಬ್ ಬಲಗಳಿಗೆ ಅಧೀನಪಟ್ಟಿವೆ ಮತ್ತು ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ.

ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಆಮೇಲೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಪಡೆದ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ಅಂದಾಜು ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನೂ (quantitative estimates) ನೀಡಿತು. ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪರಿಮಾಣದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಪರಿಮಾಣವು ಸುಮಾರು 10^{-13} ಸೆಂ.ಮಿ. ಆಗಿಯೂ, ಪೂರ್ತಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಪರಿಮಾಣವು ಸುಮಾರು 10^{-8} ಸೆಂ.ಮಿ. ಆಗಿಯೂ ಇರುವುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿ, ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವ ಬೀಜಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಮೂಲಭೂತ ಧಾತುಗಳ ರಚನೆಯ ಆವರ್ತ

ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು (periodic Table) ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ಈ ಅಂದಾಜು ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬಹುಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದವು.

ಹೀಗಾಗಿ, ನಾವು ಪರಮಾಣುವಿನ ಮಾದರಿ ಒಂದನ್ನು ರಚಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಆದರೆ ಕೂಡಲೆ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆ ಏಳುತ್ತದೆ : (ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು (ಧನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ) ಬೀಜದೊಳಕ್ಕೆ ಏಕೆ ಬೀಳುವುದಿಲ್ಲ ? ಪರಮಾಣುವು ಏಕೆ ಸುಭದ್ರವಾಗಿರುವುದು ?

"ಇದರಲ್ಲಿ ವಿಚಿತ್ರವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಗ್ರಹಗಳು ಸೂರ್ಯನ ಮೇಲೆ ಬೀಳು ವುದಿಲ್ಲ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಬಲದಂತೆಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಉಂಟಾದ ಬಲವೂ ಅಭಿಕೇಂದ್ರೀಯವಾದುದು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲಿನ ವೃತ್ತಾಕಾರ ಚಲನೆಗೆ ಅವಕಾಶಕೊಡುವುದು," ಎಂದು ವಾಚಕನು ತರ್ಕಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಆದರೂ, ಇಲ್ಲಿನ ವಾಸ್ತವಾಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಗ್ರಹಗಳ ವ್ಯೂಹಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿಗೂ ಇರುವ ಸಾದೃಶ್ಯವು ತೋರ್ಕೆಯದು ಮಾತ್ರ. ಮುಂದೆ ನಾವು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವಂತೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ, ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಹೊರಸೂಸಲೇಬೇಕು. ಆದರೆ ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತತೆಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅರಿವಿಲ್ಲ ದೆಯೇ ನಾವು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ದ್ರವ್ಯ, ಅಂದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳು, ದ್ಯುತಿ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣವನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವ ಶಕ್ತಿ ಪಡೆದಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರುವುದ ರಿಂದ, ಪರಮಾಣುವು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಟ್ಟ ಕಡೆಗೆ ಬೀಜದೊಳಕ್ಕೆ ಬೀಳಬೇಕು.

ಈ ಬಿಕ್ಕಟ್ಟಿನಿಂದ ಪಾರಾಗುವ ದಾರಿ ಯಾವುದು ? ಅದು ಬಹಳ ಸರಳ ವಾದುದು. ನಾವು ವಾಸ್ತವಾಂಶಗಳನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಲೇಬೇಕು ಮತ್ತು ಅವು ಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರಕೃತಿ ನಿಯಮದ ಅಂತಸ್ತಿಗೆ ಎತ್ತಬೇಕು. ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು 1913ರಲ್ಲಿ ಕೈಗೊಂಡವನು ಈ ಶತಮಾನದ ಅತ್ಯಂತ ಶ್ರೇಷ್ಠ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಗಳಲ್ಲೊಬ್ಬನಾದ ನೀಲ್ಸ್ ಹೆನ್ರಿಕ್ ಡೇವಿಡ್ ಬೋರ್ (1885–1962) ಎಂಬಾತನು.

ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣ (Quantization)

ಎಲ್ಲಾ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲ ಹೆಜ್ಜೆಗಳಂತೆಯೇ ಇದೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಅಳುಕಿನ ಹೆಜ್ಜೆಯೇ ಆಗಿದ್ದಿತು. ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್‌ನ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಸಂರಕ್ಷಿಸಿದ್ದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ದೊಡ್ಡ ಕಾಯಗಳ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ ನಿಯಮಗಳು ಸಣ್ಣ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಕಣಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯ ವಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸುವಂತೆ ನಮ್ಮನ್ನು ನಿರ್ಬಂಧಪಡಿಸಿದ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಈ ಹೊಸ ನಿಯಮವನ್ನು ಈಗ ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಪ್ರಕೃತಿಯು ಹೇಗೆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದರೆ, ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಕಣಗಳ ಯಾವುದೇ ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ ಅಥವಾ ಶಕ್ತಿ ಮೊದಲಾದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿನ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರ ಲಾರವು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಈಗ ನಾವು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಿರುವ ಪರಮಾಣುವು ಅಥವಾ ಮುಂದೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವ ಪರಮಾಣು ಬೀಜವು, ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿಯೇ ಅಂತರ್ಗತವಾದ ತನ್ನದೇ ಆದ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರು ತ್ತದೆ. ಅತ್ಯಂತ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟವು ಒಂದು ಇರುವುದು (ತಳ ಸ್ಥಿತಿ, ground state). ವ್ಯೂಹದ ಶಕ್ತಿಯು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಪರಮಾಣು ವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಬೀಜದಿಂದ ಒಂದು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಸ್ಥಿತಿ ಒಂದು ಇದೆ.

ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಥಟ್ಟನೆಯ "ಲಂಘನ" ಗಳಾಗಿಯೇ (jump) ಸಂಭವಿಸಬೇಕು. ಲಂಘನವು "ಮೇಲುಗಡೆಗೆ" ಆದರೆ, ಪರಮಾಣುವು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡಿದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ; "ಕೆಳಗಡೆಗೆ" ಆದರೆ ಪರಮಾಣುವು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿಕಿರಣಮಾಡಿದೆ.

ಈ ಆಧಾರದಮೇಲೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವ್ಯೂಹಗಳ ವಿಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಚೆನ್ನಾಗಿ ವಿವರಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಮುಂದೆ ತೋರಿಸಲಾಗುವುದು.

ಹೀಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ನಿಯಮಕ್ಕೆ **ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟೀ ಕರಣ ನಿಯಮ** (law of the quantization of energy) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸ್ವಭಾವವುಳ್ಳದ್ದು ಎಂದೂ ಇದನ್ನು ಹೇಳಬಹುದು (ಕ್ವಾಂಟಂ = ಮೊತ್ತ, ಶಕಲ).

ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣ ನಿಯಮವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸರ್ವಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ವರೂಪದ್ದೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಅದು ಪರಮಾಣುವಿಗೇ ಅಲ್ಲದೆ ಕೋಟಿಗಟ್ಟಲೆ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿರುವ ಯಾವ ವಿಷಯಕ್ಕಾದರೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ದೊಡ್ಡ ಕಾಯಗಳ ವಿಚಾರ ಮಾಡುತ್ತಿರುವಾಗ ನಾವು ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣವನ್ನು "ಗಮನಿಸದೆ" ಹೋಗಬಹುದು. ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಕೋಟಿ ಕೋಟಿ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿರುವ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಕೋಟಿ ಕೋಟಿ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಎಷ್ಟು ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ ಎಂದರೆ ಅವುಗಳು ಒಂದೇ ಒಂದು ತಂಡವಾಗಿ (band) ಒಟ್ಟುಗೂಡುವುವು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ನಾವು ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯಗಳ ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯನ್ನು ಕಾಣಲಾರೆವು. ಹೀಗಿರುವುದರಿಂದ, ದೊಡ್ಡ ಕಾಯಗಳ ವಿಚಾರಮಾಡುವಾಗ ನಾವು 1ನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಬದಲಾಗದೆಯೇ ಉಳಿಯುವುದು.

2ನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಂದು ಕಾಯದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಾಗಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಮನಗಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಶಕ್ತಿ ವಿನಿಮಯದ ಈ ಎರಡು ವಿಧಗಳಿಗಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಈಗ ವಿವರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸಂಕೋಚನೆಯಲ್ಲಿ) ವ್ಯೂಹದ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಸ್ಥಳಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿದ್ದು, ಅದನ್ನು ನಿಖರವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಒತ್ತಡವು ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಉಷ್ಣದ ಕ್ರಿಯೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಅದು ಕೆಳಗಿನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ವ್ಯೂಹವನ್ನು (ಶಾಖ ಕೊಟ್ಟು) ಇನ್ನೂ ಎತ್ತರದ ಮಟ್ಟವಿರುವ ವ್ಯೂಹವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವುದು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟವಿರುವುದನ್ನು (ಶೀತಪಡಿಸಿ) ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟದ್ದಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುವುದು.

ಇತರ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಗುಣಗಳಂತೆಯೇ, ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣವೂ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಒಂದು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಯಮ. ಈ ನಿಯಮದಿಂದ ಲಭಿಸುವ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಅನೇಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಮರ್ಥನೆ ಕೊಡಬಹುದು.

ಶಕ್ತಿಯು ಏಕೆ ಕ್ವಾಂಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ನೀವು ವಿಸ್ಮಯಪಡುತ್ತಿರಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವಿಲ್ಲ. ಪ್ರಕೃತಿಯು ಹೀಗೇ ರಚಿತವಾಗಿದೆ ಅಷ್ಟೆ ! ಯಾವುದೇ ವಿವರಣೆಯು ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಒಂದಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುವುದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣವು ಅದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಲಬ್ಧವಾಗುವಷ್ಟು ವಿಸ್ತೃತ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯುಳ್ಳ ನಿರೂಪಣೆ ಯಾವುದೂ ಪ್ರಕೃತ ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗಿಲ್ಲ. ಇದರಿಂದ ಮುಂದೆ ಬರುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ತತ್ವಶಃ ಆಗಿಯಾದರೂ ಪರಿಣಾಮಗಳಾಗಿ ನೀಡುವಂತಹ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗುವುದು ಎಂದಲ್ಲ. ಅದು ಹೇಗೇ ಇರಲಿ, ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣ ನಿಯಮವು ಇಂದಿಗೆ ಯಾವ ತಾತ್ವಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನೂ ಅಪೇಕ್ಷಿಸದ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಕೆಲವೇ ಮಹಾ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ. ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ವಾಂಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಏಕೆಂದರೆ–ಅದು ಕ್ವಾಂಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

1925–1927 ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಈ ನಿಯಮವು ಫ್ರೆಂಚ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಲೂಯಿ ವಿಕ್ಟರ್ ಪಿಯರ್ ರೇಮಂಡ್, ಪ್ರಿನ್ಸ್ ಡಿ ಬ್ರಾಯಿ (ಜ. 1892) ಮತ್ತು ಆಸ್ಟ್ರಿಯ ಹಾಗೂ ಜರ್ಮನಿಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಎರ್ವಿನ್ ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ (1887–1961) ಮತ್ತು ವರ್ನರ್ ಕಾರ್ಲ್ ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್ (1901–1976) ಇವರುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣ ತತ್ವದ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಪಟ್ಟ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಶಾಖೆಗೆ **ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ** ಅಥವಾ **ತರಂಗ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ** ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಯಿತು (ಕ್ವಾಂಟಂ ಎಂಬ ಪದದ ಅರ್ಥವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೊತ್ತ ಅಥವಾ ಭಾಗ ಎಂದು ಹೇಳಲು ಮರೆತಿದ್ದೆ). ಆದರೆ **ತರಂಗ** ಏಕೆ ? ಇದನ್ನು ಆಮೇಲೆ ವಿಶದೀಕರಿಸಲಾಗುವುದು.

ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್‌ನ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕ

1869ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ರಷ್ಯನ್ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿ ದಿಮಿತ್ರಿ ಇವಾನೋವಿಚ್ ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್(1834–1907) ಎಂಬಾತನು ತಾನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಅನುಕ್ರಮದಲ್ಲಿನ ಆವರ್ತಕ ನಿಯಮವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್‌ನ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ; ಅದನ್ನು ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದ ಶಾಲಾ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಯಾವುದರಲ್ಲಿಯಾದರೂ ನೋಡ ಬಹುದು. ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದಾಗ ಅವುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳೂ ಮತ್ತು ಹಲವು ಭೌತಿಕ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳೂ ತಮ್ಮ ಪರಮಾಣು ತೂಕವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಯಾಗಿ ಬದಲಾಗುವುವು, ಎಂಬುದನ್ನು ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್ ಗಮನಿಸಿದನು.

ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್ ರಚಿಸಿದ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೂಲಧಾತುವೂ ಒಂಭತ್ತು ಗುಂಪುಗಳ ಪೈಕಿ ಒಂದರಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಏಳು ಆವರ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕೂ ಸೇರಿರುತ್ತದೆ. ಆತನು ಗುಂಪುಗಳಲ್ಲಿನ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಲಂಬಸ್ತಂಭಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿ ಒಂದರ ಕೆಳಗೊಂದಿರುವ ಸಂಕೇತಗಳ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಒಂದೇ ವಿಧದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವ ಹಾಗೆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಮಾಡಿದನು. ಆಗ ಇನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯದೆ ಇದ್ದ ಹಲವು ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಇರುವುವೆಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಿದರೆ ಮಾತ್ರ, ಹೀಗೆ ಕೋಷ್ಟಕ ರಚನೆ ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಅವನು ಕಂಡುಕೊಂಡನು. ಇವು ಗಳಿಗೆ ತನ್ನ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಖಾಲಿ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು (ತೆರಪು) ಬಿಟ್ಟನು. ಈ ಪ್ರತಿಭಾ ವಂತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಅಸಾಧಾರಣ ದೂರದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಾಗಿ, ನಿಕ್ಕಲ್ ಪರ ಮಾಣುವನ್ನು ಅದರ "ಸಹಜ" ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಕೋಬಾಲ್ಟ್ ಆದ ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿದನು. ಕೋಬಾಲ್ಟಿನ ಪರಮಾಣು ತೂಕವು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೂ ಕೂಡ ಹೀಗೆ ತೋರಿಸಿದನು.

ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್‌ನ ಜೀವಿತಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹಲವು ತೆರಪುಗಳು ತುಂಬಲ್ಪಟ್ಟವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಆತನಿಗೆ ವಿಶ್ವಖ್ಯಾತಿ ಲಭಿಸಿತು. ಏಕೆಂದರೆ ಈ ಕೋಷ್ಟಕ ರಚನೆ

ಯನ್ನು ಪೂರ್ತಿಮಾಡುವುದು ಒಂದು ಔಪಚಾರಿಕ ಕಾರ್ಯವಾಗಿರದೆ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮಹಾನಿಯಮ ಒಂದನ್ನು ತಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ಆಗಿದ್ದಿತು.

ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲಧಾತುವಿಗೂ ಗೊತ್ತು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸಾರಾಂಶವು ವ್ಯಕ್ತಪಟ್ಟಿದ್ದು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್‌ನ ಪರಮಾಣುವಿನ ಗ್ರಹೀಯ ಮಾದರಿ (planetary model) ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣ ಇವುಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿದ್ದ ಸಂದೇಹಗಳೆಲ್ಲಾ ನಿವಾರಣೆಯಾದ ಮೇಲೆಯೇ. ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅರ್ಥವೇನು ? ಉತ್ತರವು ಬಹಳ ಸರಳ ರೀತಿಯದಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅಂದರೆ ಅದರ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯು, ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯು, ಅದರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್‌ನ ಆವರ್ತಕ ನಿಯಮ, ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣ ತತ್ವ ಮತ್ತು (ಮುಂದೆ ವಿವರಿಸಲಾಗುವ) ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ದ್ಯುತೀಯ ಮತ್ತು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯು ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿನ ಲಂಭಸ್ಥಂಭ ಯಾವುದೊಂದರಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಮಾನರೂಪದ ರಾಸಾಯನಿಕ ವರ್ತನೆಯ ಕಾರಣವನ್ನು ವಿಶದಗೊಳಿಸಿತು.

ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಬೀಜ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಶಕ್ತಿ. ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ವಾಂಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದರಿಂದ, ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ಒಂದು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಊಹಿಸುವುದು ತರ್ಕಬದ್ಧವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಬೀಜಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಭದ್ರವಾಗಿಯೂ, ಎರಡನೆಯದು ಇದಕ್ಕಿಂತ ದುರ್ಬಲವಾಗಿಯೂ, ಮೂರನೆಯದು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ದುರ್ಬಲವಾಗಿಯೂ, ಮುಂತಾಗಿ, ಬಂಧಿತವಾಗಿರುವುವು. ಹೀಗಾಗಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ನಾವು ನಮ್ಮ ತಾತ್ವಿಕ ವಿಚಾರ

ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ದ್ವಾರಿ ತಪ್ಪಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಈ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿವೆ. ಮೊದಲಿಗೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟವನ್ನೂ ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಆಕ್ರಮಿಸಿಕೊಂಡಿರದೆ, ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರಬಹುದು. ನಿಜ, ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಎರಡೂ ಒಂದೇ ಜಾತಿಯವು; ಅವು **ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆ** (spin) ಎಂಬ ಗುಣದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ತೋರಿಸುವುವು. ಇದು ಒಂದು ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ದೃಷ್ಟಿಗೋಚರವಾದ ಭಾವವನ್ನು ಆಶಿಸುವ ಜನರು ತುಂಬಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಮಟ್ಟವನ್ನು, ಬಾಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಎರಡು ಸಣ್ಣ ಚುಕ್ಕಿಗಳು ಇರುವುದಾಗಿ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು, ಒಂದು ಬಾಣವು "ಮೇಲುಗಡೆಗೂ" ಮತ್ತೊಂದು "ಕೆಳಗಡೆಗೂ" ತೋರಿಸುವುದು.

"ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆ" ಎಂಬ ಪದದ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಹೀಗಿದೆ. ಅದರ ಒಂದು ಲಕ್ಷಣ ನಿರ್ದೇಶವು ಬುಗುರಿಯಂತೆ ವೇಗವಾಗಿ ಸುತ್ತುವುದು. ಒಂದೇ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತೊಂದು ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿಯೂ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಈ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿಗೂ ಮತ್ತು ಗ್ರಹೀಯ ವ್ಯೂಹಕ್ಕೂ ಇರುವ ಬಾಹ್ಯ ಸಾದೃಶ್ಯದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಗ್ರಹದಂತಹ ಒಂದು ಕಾಯವಾದರೆ, ಅದನ್ನು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ತಿರುಗುವ ಹಾಗೆ ಏಕೆ ಮಾಡಬಾರದು ? ನಾನು ಪುನಃ ನನ್ನ ವಾಚಕರ ಮನನೋಯಿಸಬೇಕು : ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅದನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು, ಇದನ್ನು ನಾವು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಪರಮಾಣುವಿನ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಪಡುವ ಗಮನಾರ್ಹ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಇದೊಂದೇ ಅಲ್ಲ. ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟಗಳು ಒಂದರಿಂದೊಂದು ಸಮವಲ್ಲದ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದು ಮತ್ತು ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದು ಮತ್ತೊಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತ.

K–ಮಟ್ಟ* ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಮೊದಲನೆಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಹಿಂಬಾಲಿಸಿ, ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯ ಅಂತರವಿದೆ. ಇದಾದಮೇಲೆ *L* ಎಂಬ ಅಕ್ಷರದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಎಂಟು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಗುಂಪು ಇರುವುದು, ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ *M* ಎಂಬ ಅಕ್ಷರದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾದ 18 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಗುಂಪು, ಮುಂತಾಗಿ. ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಈ ಮಟ್ಟಗಳ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ತುಂಬಿರುವ ಕ್ರಮ ಇವುಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿವರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಅದು ಸರಳರೂಪದ ಚಿತ್ರವಲ್ಲ ಮತ್ತು ಅದರ ವಿವರಣೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಥಳಬೇಕಾಗುವುದು. ನಮ್ಮ ಸಣ್ಣ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಂಶಗಳಿಗೆ ಪ್ರಧಾನ ಪಾತ್ರವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್‌ನ ಕೋಷ್ಟಕ ಒಂದು ಲಂಬಸ್ಥಂಭದಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಾದೃಶ್ಯವನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟಗಳ ಪ್ರಸ್ತಾಪಮಾಡಿದೆ. ಅವುಗಳು ಮಟ್ಟಗಳ ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಸಮನಾದ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

ಇದರಿಂದ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ **ಸಂಯೋಜಕ** ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೆಂಬ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕಲ್ಪನೆಯು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು. ಈ ಪ್ರಕಾರ, ಲಿಥಿಯಂ, ಸೋಡಿಯಂ, ಪೊಟಾಸಿಯಂ, ರುಬಿಡಿಯಂ, ಸೀಷಿಯಂ ಮತ್ತು ಫ್ರಾನ್ಸಿಯಂ ಇವುಗಳ ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಮಟ್ಟಗಳ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರುತ್ತದೆ. ಬೆರಿಲಿಯಂ, ಮ್ಯಾಗ್ನೀಷಿಯಂ, ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಮುಂತಾದುವುಗಳ ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಮಟ್ಟಗಳ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂಯೋಜನಶೀಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ದುರ್ಬಲವಾಗಿ ಬಂಧಿತವಾದವುಗಳು. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದನೆ ಸ್ಥಂಭದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಯಾನೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಏಕಮಾತ್ರ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಪೂರಿತ ಕಣಗಳು (singly charged particles) ಬಹು ಸುಲಭವಾಗಿ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಬೆರಿಲಿಯಂ, ಮ್ಯಾಗ್ನೀಷಿಯಂ ಮತ್ತು ಇತರ ಧಾತುಗಳ ಅಯಾನುಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ, ಇತ್ಯಾದಿ.

---

* ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ನೆಲಸಿರುವ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ "*K*–ಕವಚ, *L*–ಕವಚ, *M*–ಕವಚ..." ಎಂಬ ಹೆಸರುಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ರೂಢಿಯಲ್ಲಿವೆ.

ಅಣುಗಳ ವೈದ್ಯುತ ರಚನಾಕ್ರಮ

ಅಣುವನ್ನು ಆಯಾ ಪದಾರ್ಥದ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಯೆಂದು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಬಹುಮಂದಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಪದವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಈ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಯು ಬೇರೆಯಾದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಯದಂತೆ ಅಸ್ತಿತ್ವಪಡೆದಿರಬಹುದಾದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪ್ಪಿನ ಅಣುಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಇರುವುವೇ ? "ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾಗಿ !" ಎಂದು ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಉತ್ತರಿಸುತ್ತಾನೆ ಮತ್ತು NaCl ಎಂಬ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಬರೆಯುತ್ತಾನೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪ್ಪು ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್. ಇದರ ಒಂದು ಅಣುವು ಸೋಡಿಯಂನ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರಿನಿನ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೂ ಈ ಉತ್ತರವು ಕೇವಲ ಔಪಚಾರಿಕವಾಗಿ ಸಮಂಜಸವಾದುದು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಒಂದೇ ಒಂದರಂತೆ ವರ್ತಿಸುವ ಈ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೋಡಿಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪ್ಪಿನ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಾಗಲಿ ಅಥವಾ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಉಪ್ಪಿನ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಾಗಲಿ, ಅಥವಾ ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ ಬಾಷ್ಪದಲ್ಲಾಗಲಿ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. 2ನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ,ಒಂದು ಹರಳಿನಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುವೂ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಆರು ಕ್ಲೋರಿನ್ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಸುತ್ತುವರಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಸಮವಾದ ಹಕ್ಕಿರುವುದು ಮತ್ತು ಯಾವುದು ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ "ಸೇರಿದ್ದು"ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪ್ಪನ್ನು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸೋಣ. ಈ ದ್ರಾವಣವು ಒಂದು ಶ್ರೇಷ್ಠವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ವಾಹಕವೆಂದು ಕಂಡುಬರುವುದು. ಮೇಲೆ ಚರ್ಚಿಸಲಾದ ನಿಖರವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕ್ಲೋರಿನ್ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಸೋಡಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಪ್ರವಾಹ ಇವುಗಳಿಂದಾಗಿದೆಯೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಡಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಕ್ಲೋರಿನ್

ಇವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಭದ್ರವಾಗಿ ಬಂಧಿತವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೋಡಿಗಳಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಪರಮಾಣುವಿನ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ ನಂತರ, ಕ್ಲೋರಿನಿನ ಋಣ ಅಯಾನು ಒಂದು "ಹೆಚ್ಚಿಗೆಯ" ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪಡೆದಿರುವ ಕ್ಲೋರಿನಿನ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಸೋಡಿಯಂನ ಧನ ಅಯಾನಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ "ಕೊರತೆ" ಇರುವುದು.

ಒಂದು ಘನ ಕಾಯ ಕೂಡ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಇದು ನಮ್ಮನ್ನು ಒಯ್ಯಬಲ್ಲದೇ ? ಹೌದು, ಒಯ್ಯಬಲ್ಲುದು. ಇದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿವರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದ ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು.

ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ ಬಾಷ್ಪದ ವಿಚಾರವೇನು ? ಇಲ್ಲಿಯೂ ನಾವು ಅಣುಗಳನ್ನು ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡಿನ ಬಾಷ್ಪವು ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ಅಥವಾ ಬಹಳ ಅಸ್ಥಿರವಾದ ವಿಧವಿಧವಾದ ಅಯಾನುಗಳ ಗುಂಪುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದೆ. ಅಯಾನಾತ್ಮಕ (ionic) ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳ ಅಣುಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಆ ಪದದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಅರ್ಥದೊಡನೆಯೇ ಹೇಳಬೇಕಾಗುವುದು.

ಅಯಾನಾತ್ಮಕ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳೆಲ್ಲಾ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕರಗುವುವು. ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ಅಂತಹ ಸರಳ ಲೋಹದ ಲವಣಗಳ ಮಾದರಿಯ ದ್ರಾವಣಗಳು ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ವಾಹಕತ್ವವುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ಶಕ್ತಿಯುತ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷ್ಯಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವರು.

ಯಥಾರ್ಥವಾದ ಅಣುಗಳಿಂದ, ಅಂದರೆ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿನ ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಹಲವಾರು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಕೊಡಬಲ್ಲೆವು. ಅವು ಯಾವುವೆಂದರೆ : ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಾರಜನಕ, ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್, ಹೈಡ್ರೋಕಾರ್ಬನ್‌ಗಳು, ಕಾರ್ಬೋಹೈಡ್ರೇಟ್‌ಗಳು, ಸ್ಟೆರಾಯಿಡ್‌ಗಳು, ವಿಟಮಿನ್‌ಗಳು, ಮುಂತಾದುವು. ಈ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಮುಂದುವರಿಸಬಹುದು.

ಎಲ್ಲಾ ವರ್ಗೀಕರಣಗಳೂ ಯಾವಾಗಲೂ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಅವಿಚಾರಕ ವಾದುವೇ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾನು ವಾಚಕನಿಗೆ ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಡುವುದೇನೆಂದರೆ, ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ಒಂದು ಬಗೆಯ ಸಂಯುಕ್ತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಭೌತಿಕ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದು ಇತರ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಗೆ ಇಲ್ಲದಿರುವುದನ್ನು ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪೈಕಿ ಅತಿಮುಖ್ಯ ಪದಾರ್ಥವಾದ ನೀರು ಕೂಡ ಇರುವುದು. ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ ಅಣುಗಳು ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾಗಿ ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನ ಕಾಯಗಳು. ಆದರೆ ನೀರ್ಗಲ್ಲಿನ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ "ರೇಖಿಸುವುದೂ" ಮತ್ತು ಜಲಜನಕದ ಈ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಬಂಧಿತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ವಾದಿಸುವುದೂ ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾದ ವಿಷಯ.

ಅದು ಹೇಗಾದರೂ ಇರಲಿ, ಆಣವಿಕ ಹರಳುಗಳ ವರ್ಗವು ಬಹಳ ವಿಸ್ತೃತ ವಾದುದು.

2ನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ನಾವು ಆಗಲೇ ಆಣವಿಕ ಹರಳುಗಳ ರಚನಾ ವಿಧಾನ ವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಕಾರ್ಬನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ (CO_2) ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಬನ್ (ಇಂಗಾಲ) ಪರಮಾಣುವು ಎರಡು ಬಹಳ ಸಮೀಪವರ್ತಿಗಳಾದ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ನೆರೆಯವುಗಳಾಗಿ ಹೊಂದಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿರಿ. ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ಆಣವಿಕ ಹರಳಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವಾಗ, ಹರಳನ್ನು ಅನ್ಯೋನ್ಯವಾಗಿ ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಅವು ಅಷ್ಟು ಒತ್ತಾಗಿ ಅಡಕಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ, ಅವು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲ ಗಳಿಂದ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರಬೇಕು. ಇದು ನಿಜ. ಒಂದೇ ಒಂದು ಅಣುವಿಗೆ ಸೇರಿದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಿರುವ ಬಲಗಳು, ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ನೆರೆಹೊರೆಯ ಅಣುಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲಗಳಿಗಿಂತ ನೂರರಷ್ಟು, ಏಕೆ ಸಾವಿರದಷ್ಟೂ, ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುವು.

ಈ ಅಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಬಂಧನವು ಯಾವುದು ? ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಋಣ

ಮತ್ತು ಧನ ಅಯಾನುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಣೆಯ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಬಳಸಿಕೊಂಡು ನಾವು ನಿಭಾಯಿಸಲಾರೆವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ ಇವುಗಳ ಅಣುಗಳು ಒಂದೇ ವಿಧದ ಪರಮಾಣುಗಳುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ ಇರುವುವೆಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವುದು. ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಮತ್ತೊಂದು ಪರಮಾಣುವು ಅದನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುವ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದರ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿಯೇ ಇರಲು ಇಚ್ಛಿಸುವುದೇತಕ್ಕಾಗಿ ?

ಅಣುವಿನ ನಡುವಿನ ಬಂಧನದ ತತ್ವವನ್ನು ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಕಾಸವಾದ ನಂತರವೇ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವ್ಯೂಹದ ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ವಾಂಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನ ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆ ಇರುವ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರಬಹುದು ಎಂದು ಈಗ ತಾನೆ ನಾವು ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಭೂತ ಆಧಾರಕಲ್ಪನೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರಿಂದ ಸ್ವಾರಸ್ಯವಾದ ಒಂದು ವಿಷಯವು ಹೊರಪಡುವುದು. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪಡೆಯಬಲ್ಲ ಕನಿಷ್ಠಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿ ಮೌಲ್ಯವು ಅದು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಪ್ರದೇಶದ ಅಳತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ (ಇದು ಒಂದು ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆ ಅಲ್ಲ, ನಿಖರವಾದ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಧಾನದಿಂದ ಲಬ್ಧವಾದುದು–ಇದು ತುಂಬ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದುದರಿಂದ ಇಲ್ಲಿ ಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ). ಅಳತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ದೊಡ್ಡದಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಈ "ಶೂನ್ಯ ಮಟ್ಟ"ದ ಶಕ್ತಿಯು ಅಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಜಲಜನಕದ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಿವೆಯೆಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿರಿ. ಅವು ಒಂದೇ ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಐಕ್ಯವಾದರೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ "ಕೊಠಡಿ"ಯು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಇಮ್ಮಡಿಯಾಗುವುದು. ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನ ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆ ಇರುವ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದೇ "ಕೊಠಡಿ"ಯಲ್ಲಿ ಶಾಂತಿಯುತವಾಗಿ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಇರಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂತಹ

ಸಹಜೀವನವು ಸಮಯೋಚಿತವಾದುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರುವ ಪ್ರದೇಶವು ಗಮನೀಯವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿದೆ. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದುಗೂಡಿದ ಮೇಲೆ ವ್ಯೂಹದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದೆ. ಯಾವುದೇ ವ್ಯೂಹವು, ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ಕನಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯದ ಶಕ್ತಿಯಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸೇರಲು ಓಲುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರಿತಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೆ, ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆತಾನೆ ಬಿಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಗುಂಡು, ಬೆಟ್ಟದಿಂದ ಕೆಳಗೆ ಉರುಳುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧನ ಏರ್ಪಟ್ಟರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಕೆಯಾಗಿರಬೇಕು. (ಒಳಗಿನ-ಕವಚದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಎಂಬ) ಕೆಲವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳ ಬೀಜಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತವೆ, ಆದರೆ ಕೆಲವು (ಹೊರ-ಕವಚದ) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಸಮೀಪವರ್ತಿಗಳಾದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಜೋಡಿ ಒಂದಾದರೂ ಇರುವುದು, ಅಥವಾ ಅಣುವಿನ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರಲೂಬಹುದು.

ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಅದರ ವೈದ್ಯುತೀಯ ಗುಣಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥದ ದ್ರಾವಣವು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವಲ್ಲ. ಅಣುಗಳು ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಪೂರ್ತಿಯಾದ ಅಣುವು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಬಂಧವಾಗಿ ತಟಸ್ಥವಾಗಿರುವುದು (ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದು). ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪಗಳಲ್ಲಿ, ಅಣುಗಳು ತಮ್ಮ ರಚನೆಯನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಸಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ; ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಮಗ್ರ ಗುಂಪು ಒಂದೇ ಅಖಂಡವಾಗಿ, ಸ್ಥಾನಾಂತರೀಯ ಅಥವಾ ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವುದು. ಇಂತಹ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣುಗಳು ತಮ್ಮ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯ ಸ್ಥಾನಗಳ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಆಂದೋಲನವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಮಾಡಬಲ್ಲವು.

ತಟಸ್ಥ ಅಣುವು ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇಂತಹ ಒಂದು ಅಣುವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬ ಆತುರದ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರಬೇಡಿ. ಅಣುವು ಸಮಸೂತ್ರತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಧನ

ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಗುರುತ್ವ ಕೇಂದ್ರಗಳು ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾಗಿಯೂ ಸಮಪಾತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದೇ ವಿಧದ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳುಳ್ಳ ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಸಾರಜನಕದಂತಹ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಗುರುತ್ವ ಕೇಂದ್ರ ಗಳು ಸಮಪಾತವಾಗಿರುತ್ತವೆ ಎಂದು ಸಹಜ ಜ್ಞಾನದಿಂದಲೇ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಕಾರ್ಬನ್ ಮಾನಾಕ್ಸೈಡ್ (CO) ಅಂತಹ ಅನಿಲದ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಈ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಪರಸ್ಪರವಾಗಿ ಸ್ಥಳಾಂತರ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದೂ ಏನೂ ಕಷ್ಟವಲ್ಲ, ಇಂತಹ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವಿದ್ದರೆ, ಅಣುವು ಒಂದು ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ (dipole moment) ಹೊಂದಿರುವುದೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಪದದ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲವು ಹೀಗಿದೆ : ಒಂದು ದ್ವಿಧ್ರುವ ಅಣುವು ಎರಡು ವಿದ್ಯುದಂಶ ಬಿಂದುಗಳ (ಒಂದು ಬಿಂದುವು ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಗುರುತ್ವ ಕೇಂದ್ರ, ಮತ್ತೊಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಅದೇ ಬಿಂದು) ಒಂದು ವ್ಯೂಹದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದು. ಒಂದು ದ್ವಿಧ್ರುವವು ಅದರ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಪರಿಮಾಣ ಮತ್ತು ದ್ವಿಧ್ರುವ ದಂಡ, ಅಂದರೆ ಗುರುತ್ವ ಕೇಂದ್ರಗಳ ನಡುವಣ ದೂರ, ಇವುಗಳಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ಒಂದು ಸಮಸೂತ್ರತೆ ಇಲ್ಲದ ಅಣುವು ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರುವುದು ಎನ್ನುವುದರ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೇಳಬೇಡಿ. ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಚರ್ಚೆ ಯನ್ನು ನಾವು ಬಿಟ್ಟುಬಿಡಬಹುದು ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಶಾಶ್ವತವಾದ (ಅಥವಾ ದೃಢ ಎಂದೂ ಹೇಳಲಾಗುವ) ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕಶಕ್ತಿಯ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ಗಳಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಡಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳು

ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ, ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಅವಾಹಕ ಮತ್ತು ರೋಧಕ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಸಮತೆಯ ಚಿಹ್ನೆಗಳನ್ನು ಇಡಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳಲ್ಲಿ ಆಣವಿಕ ಅನಿಲಗಳು, ಆಣವಿಕ ದ್ರವಗಳು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳ ದ್ರಾವಣಗಳು ಸೇರಿವೆ.

ಘನರೂಪದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಇಂಗಾಲ ಸಂಯುಕ್ತವಾಗಿಲ್ಲದಿರುವ ಗಾಜು (ಸಿಲಿಕೇಟ್, ಬೋರೇಟ್, ಮುಂತಾಗಿ); ದೈತ್ಯಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾದ ಪಾಲಿಮರ್ (polymer, ಬಹುಲಕ) ಪದಾರ್ಥಗಳು; ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್‌ಗಳು, ಆಣವಿಕ ಹರಳುಗಳು, ಅಲ್ಲದೆ ಅಯಾನಾತ್ಮಕ ಹರಳುಗಳು ಇವುಗಳು ಸೇರಿವೆ.

ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧಕವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಚಯನಾಂಕವು ಹೆಚ್ಚುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು 1ನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಾಚಕನ ಗಮನಕ್ಕೆ ತಂದಿರುತ್ತೇವೆ. ಕೆಪಾಸಿಟರನ್ನು ಒಂದು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಲವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿದ್ದರೂ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಚಯನಾಂಕವು ಹೆಚ್ಚಿತು. ಇದರಿಂದ ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುದಂಶವೊಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಫಲಕಗಳ ಸಮೀಪ ಬರುವುದು ಎಂದರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ತೋರುವುದು. ಆದರೂ, ಅದು ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಟ್ಟಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ ದೂರದಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ ಬರುವ ಭಾಗಲಬ್ಧ. ಈ ಬಿಕ್ಕಟ್ಟನ್ನು ಹೇಗೆ ಪರಿಹರಿಸುವುದು ? ಇದಕ್ಕೆ ಇರುವ ಒಂದೇ ಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕದಲ್ಲಿ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವು ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದು. ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧಕ **ಧ್ರುವಣ** (polarization) ಎಂದು ಹೇಳುವರು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕದ ಒಳಗೆ ಉಂಟಾಗುವ ವಿಚಿತ್ರವಾದ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಯಾವುವು ? ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧಕದ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಭೂಮಿಗೆ ಸೆಳೆಯುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳ ವಿಫಲತೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ? ದ್ರವ್ಯದ ವೈದ್ಯುತ ರಚನೆಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆ ಇಲ್ಲದೆಯೇ ಈ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಒಂದು ಲೋಹದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮುಕ್ತವಾಗಿರದೆ "ಬಂಧಿತ"ವಾಗಿರುವುವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಆದರೆ ಅಣುವಿನ ರಚನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯು ನಮ್ಮ ವಶದಲ್ಲಿರುವಾಗ ಧ್ರುವಣ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಘಟನಾಕ್ರಮ ಇವುಗಳಿಗೆ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಶಕ್ತರಾಗಿದ್ದೇವೆ. ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ವಿಷಯ

ಗಳೂ ಸಮವಾಗಿದ್ದು, ϵ ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೀಲತೆ ಅಥವಾ ಪರಾವೈದ್ಯುತಾಂಕವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗಿರುವುದು.

ಮುಂದೆ ಸಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು, ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ನಾವು ಉತ್ತರಕೊಡಬೇಕು : ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಅಣುವಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಏನಾಗುವುದು ? ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯವಾದ ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಅಯಾನಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಕ್ಷೇತ್ರದಿಕ್ಕಿಗೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಕದಲಿಸಬಲ್ಲುದು. ಇದರಿಂದ ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಅಯಾನ್ ಒಂದು ದ್ವಿಧ್ರುವವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ, ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಧ್ರುವಣವು ಅದು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ, ಅಯಾನುಗಳ ಅಥವಾ ಅಣುಗಳ ಧ್ರುವಣದ ಫಲವಾಗಿ ಆಗುವುದು.

ಈಗ ವಿವರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಧ್ರುವಣದ ರಚನಾ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿತ ದ್ವಿಧ್ರುವ ಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನವೆಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು. ಕ್ಷೇತ್ರವೇ ಇಲ್ಲ ದಿದ್ದಲ್ಲಿ, ದ್ವಿಧ್ರುವಗಳೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಕ್ಷೇತ್ರವು ತೀವ್ರವಾದಷ್ಟೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಗುರುತ್ವ ಕೇಂದ್ರದ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವು ಹೆಚ್ಚುವುದು, ಪ್ರೇರೇಪಿತ ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯೂ ಹೆಚ್ಚುವುದು ಮತ್ತು ಧ್ರುವಣವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು.

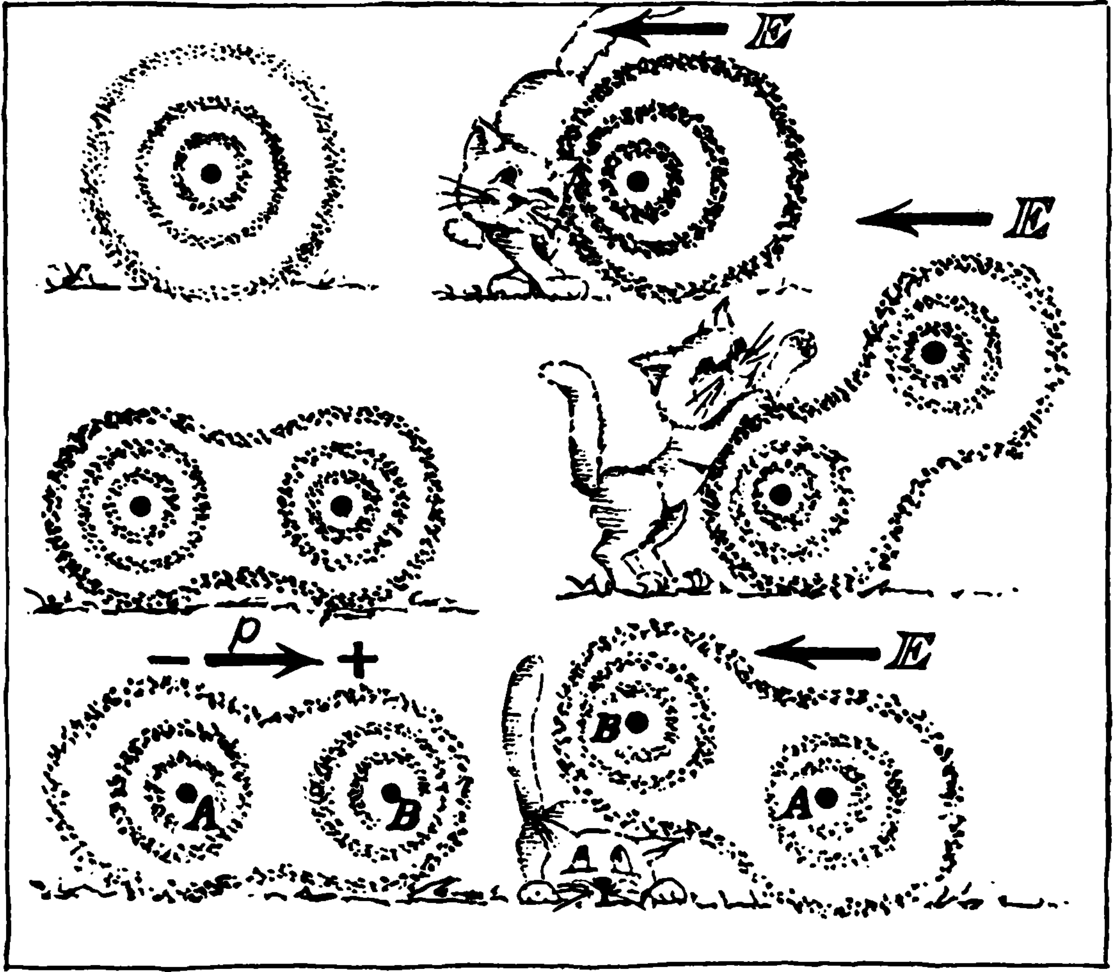
ಪ್ರೇರೇಪಿತ ದ್ವಿಧ್ರುವಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿಯು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರ ಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ. ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತವಾಗಿಲ್ಲದೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಗಳಿರುವುದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತವೆ. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನವು ಇವುಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾದುದಾಗಿರಬೇಕು.

ಸರಿ, ಹಾಗಾದರೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೀಲತೆಯು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೇಲೆ ಗಮನಾರ್ಹ ವಾಗಿ ಅವಲಂಬಿತವಾಗಿರುವ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ನಾವು ಏನು ಮಾಡ ಬಲ್ಲೆವು ? ಅಣುಗಳ ರಚನೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪದಾರ್ಥದ ವರ್ತನೆ, ಹಾಗೂ ϵ ನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೇಲಿನ ಅವಲಂಬನೆಯ ಸ್ವಭಾವ (ಧ್ರುವಣವು ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆಲ್ಲಾ ಯಾವಾಗಲೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗು ವುದು) ಈ ವಿಷಯಗಳ ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಮಾಡಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಹೀಗೆ

ತಿಳಿದುಬರುವುದು : ಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಭಾವದಲ್ಲಿಯೂ ಅಣುಗಳು ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ (ಶಾಶ್ವತ ದ್ವಿಧ್ರುವ) ಮತ್ತು ತಮ್ಮ ದಿಕ್‌ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಬದಲಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಹಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಇದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೀಲತೆಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೇಲಿನ ಅವಲಂಬನೆಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುತ್ತದೆ.

ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ, ಕ್ಷೇತ್ರವಿಲ್ಲದಿರುವಾಗ ಅಣುಗಳು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾದ ದಿಕ್ ವಿನ್ಯಾಸ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಸದಿಶಪ್ರಮಾಣಗಳಾಗಿ ಸಂಕಲಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿನ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಅಣುಗಳ ಸಂಘಟಿತ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅಣುಗಳು ಬಹುತೇಕ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ನೋಡುವಂತೆ ಅವುಗಳನ್ನು "ಬಾಚು" ವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಅವು ಎರಡು ವಿರುದ್ಧ ಬಲಗಳಿಗೆ ಅಧೀನವಾಗಿರುತ್ತವೆ : ಅಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಗೊಂದಲವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರದ ವ್ಯವಸ್ಥಾಪೂರ್ವಕ ಪರಿಣಾಮ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ ಅಣು ಗಳನ್ನು "ಹತೋಟಿಯಲ್ಲಿಡುವುದು" ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಕಷ್ಟವಾಗುವುದು ಎಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಶೀಲತೆಯು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯಿಂದ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗು ವುದು.

ಈ ಭಾವಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.2ರಲ್ಲಿರುವ ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ಇನ್ನೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಮತ್ತು ಜ್ಞಾಪಕದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ರೇಖಾಚಿತ್ರವು ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಧ್ರುವಣವು ಅದರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕವಚಗಳ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ಮತ್ತು ರೂಪವಿಕೃತಿಯೇ ಆಗಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸು ತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ದೂರವಿದ್ದಷ್ಟೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮೇಲೆ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವು ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು. ಈ ರೂಪರೇಖೀಯ ನಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಚುಕ್ಕೆಗಳಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗಿರುವ ಪದರಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಎಲ್ಲಿ ನೆಲಸಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ನಕ್ಷೆಗಳು ಬಹಳ ಕರಡಾದ ಸನ್ನಿಕಟನಗಳಾಗಿವೆ



ಚಿತ್ರ 2.2

ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರಬೇಕು, ಏಕೆಂದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅಣು ಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲಸಿರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಆಕೃತಿಯುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಮಧ್ಯದ ನಕ್ಷೆಯು ಸಮಸೂತ್ರತೆಯುಳ್ಳ ದ್ವಿಪರಮಾಣುಕ ಅಣುವಿನ ವರ್ತನೆ ಯನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಕ್ಷೇತ್ರವಿಲ್ಲದಿರುವಾಗ ಅದು ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಂದು ವೈದ್ಯುತ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಚೋದಿಸು ತ್ತದೆ. ಈ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಅಣುವಿನ ಕೋನವನ್ನು

ಸರಿಸಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡಬಹುದು. ಈ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕವಚಗಳ ರೂಪ ವಿಕೃತಿಯಿಂದ ಏರ್ಪಡುವುದು.

ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಕೆಳಗಡೆಯ ನಕ್ಷೆಯು ಕ್ಷೇತ್ರವು ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗಲೂ ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಅಣುವಿನ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿ, ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ ಅಣುವು ತಿರುಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು ಅಷ್ಟೆ. ಆದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಭಾವದಲ್ಲಿಯೂ ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರುವ ಅಣುಗಳುಳ್ಳ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಧ್ರುವಣದ ಎರಡು ಕ್ರಿಯಾವಿಧಿಗಳೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ : ಅಣುವು ತಿರುಗುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಅದರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವೂ ಏರ್ಪಡಬಹುದು. ಅಣುಗಳ ಮೇಲೆ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಏನೂ ಪರಿಣಾಮವಿಲ್ಲದಿರುವ ಅತಿ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಅಳತೆಗಳಿಂದ ಈ ಎರಡು ಪರಿಣಾಮಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

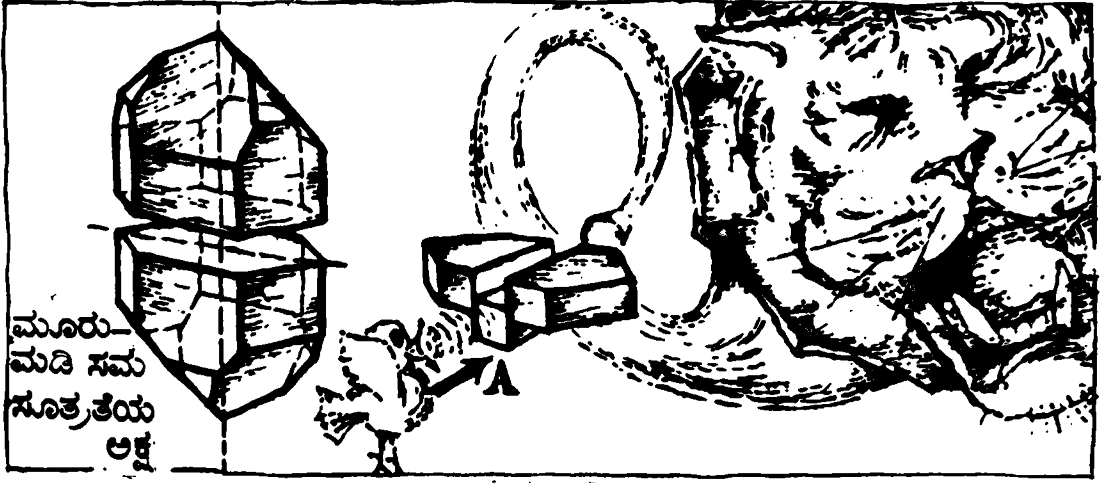
ನಮ್ಮ ಮಾದರಿಯು ಸಮಂಜಸವಾಗಿದ್ದರೆ, ಸಮಸೂತ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಅಣುಗಳನ್ನು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಆಮ್ಲಜನಕ ಅಥವಾ ಕ್ಲೋರಿನ್ ಇವುಗಳ ಅಣುಗಳು, ಹೊಂದಿರತಕ್ಕ ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೀಲತೆಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬನೆ ಇರುವುದು ಕಾಣಕೂಡದು. ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ದ್ವಿಪರಮಾಣುಕ ಅಣುವು ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದರೆ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಕಾರ್ಬನ್ ಮಾನಾಕ್ಸೈಡ್ (CO), ε ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೀಲತೆಯು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರಬೇಕು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಹೀಗೆಯೇ ಇರುವುದು. ನೈಟ್ರೊ-ಬೆನ್‌ಜೀನ್ ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಪರಿಮಾಣದ ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು.

ಪ್ರಯೋಗವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆ Eಅನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ ಸಾಧಾರಣ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳಿಗೆ ಏನಾಗುವುದು ? ಪದಾರ್ಥದ ಧ್ರುವಣವು ಹೆಚ್ಚುವುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಇದು ದ್ವಿಧ್ರುವಗಳು ಹಿಗ್ಗುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ: ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಇದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮೇಘದ ಸ್ಥಾನ

ಪಲ್ಲಟ; ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಇದು ಎರಡು ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಒಂದರಿಂದೊಂದನ್ನು ದೂರಕ್ಕೆ ಎಳೆದುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗಿರಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆ ಏಳುವುದು ಸಹಜ : ಪ್ರಯೋಗವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಫಲವಾಗಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಿಂದ ಅತಿ ದೂರಕ್ಕೆ ಎಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸೇರಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಆಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ ಅಥವಾ ಎರಡು ಅಯಾನುಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಪರಸ್ಪರ ದೂರಕ್ಕೆ ಎಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟರೂ ಒಂದೇ ಅಣು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ? ಇಂತಹ ಒಂದು ಮಿತಿ ಇರುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಸಾಕಷ್ಟು ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆ E ಇರುವಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಕುಸಿತ ಎಂದು ಹೇಳುವ ಘಟನೆ ಏರ್ಪಡುವುದು. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯ ಸರಿಸುಮಾರಾದ ಪರಿಮಾಣವು ಮೀಟರ್ ಒಂದಕ್ಕೆ ಹಲವು ಸಾವಿರ ಕಿಲೊವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುವುದು. ಹೇಗಾದರೂ, ಇಂತಹ ಕುಸಿತದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅಯಾನುಗಳಾಗಲಿ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವುವು; ಅಂದರೆ ಮುಕ್ತ ಪ್ರವಾಹ ವಾಹಕಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿ. ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕವು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕವಾಗಿ ಉಳಿಯುವುದಿಲ್ಲ, ಅಂದರೆ ಅದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವಾಹಕವಾಗುತ್ತದೆ.

ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಅಥವಾ ರೇಡಿಯೋ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿನ ಕೆಪಾಸಿಟರ್ ಶಕ್ತಿಗುಂದಿದಾಗ ಇಂತಹ ಕುಸಿತವನ್ನು ಅನೇಕ ವೇಳೆ ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಬೇರೆ ವಿಧದ ಕುಸಿತವನ್ನೂ ನಾವು ನೋಡಬಹುದು : ಒಂದು ಅನಿಲದೊಳಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ವಿಸರ್ಜನೆ. ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳನ್ನು ಆಮೇಲೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವುದು. ಈಗಿನವುಟ್ಟಿಗೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳ ಕುಟುಂಬದ ಎರಡು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವುಳ್ಳ ಸದಸ್ಯರುಗಳ ಪರಿಚಯವನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳೋಣ : ಪೀಡನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಲೋಹವಿದ್ಯುತ್ ಹರಳುಗಳು.

ಪೀಡನ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಳುಗಳ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ್ (ಸ್ಫಟಿಕಶಿಲೆ) ಮುಖ್ಯವಾದ ಪ್ರತಿನಿಧಿ. ಈ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ಸದಸ್ಯರುಗಳು (ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ್ ಅಲ್ಲದೆ, ಸಕ್ಕರೆ ಮತ್ತು ಟೂರ್ಮಲೀನ್ ಮುಂತಾದವುಗಳೂ ಸೇರಿವೆ) ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಸಮಸೂತ್ರತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 2.3ರಲ್ಲಿ ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ್‌ನ ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 2.3

ಈ ಹರಳಿನ ಮುಖ್ಯ ಅಕ್ಷವು (principal axis) ಒಂದು ಮೂರುಮಡಿಯ ಸಮ ಸೂತ್ರತೆಯ ಅಕ್ಷವಾಗಿರುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಇಮ್ಮಡಿ ಸಮಸೂತ್ರತೆಯ ಆಕ್ಷಗಳಿರುವುವು.

ಈ ಹರಳಿನಿಂದ ಸುಮಾರು 2 ಸೆಂ.ಮೀ. ದಪ್ಪದ ಒಂದು ಫಲಕವನ್ನು ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಕುಯಿದು ತೆಗೆಯಲಾಗಿದೆ. ಅದು ಮುಖ್ಯ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದನ್ನು ಮತ್ತು ಇಮ್ಮಡಿ ಸಮಸೂತ್ರತೆಯ ಅಕ್ಷಗಳು ಈ ಫಲಕದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವುದನ್ನೂ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಆಮೇಲೆ ದಪ್ಪನಾದ ಈ ಫಲಕದಿಂದ ಇಮ್ಮಡಿ ಸಮಸೂತ್ರತೆಯ ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ನವುರಾದ ಸುಮಾರು 0.5 ಮಿ.ಮೀ. ದಪ್ಪವಿರುವ, ಒಂದು ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿ ತೆಗೆಯಲಾಗುವುದು. ಹೀಗೆ ತಯಾರಿಸಿದ ಪೀಡನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪಟ್ಟಿಯೊಡನೆ ಕುತೂಹಲ ಕಾರಕವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಬಹುದು (ಚಿತ್ರ 2.3ರ ಮಧ್ಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಕೆಳಗಡೆ ಕದಲಿಸಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ).

A ಎಂಬ ಬಾಣದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ, ಸಮಸೂತ್ರತೆಯ ಅಕ್ಷಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ, ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಒತ್ತಿ ಕುಗ್ಗಿಸೋಣ ಮತ್ತು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಾಪಕವನ್ನು (ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಗುರ್ತಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಒಂದು ಉಪಕರಣ) ಪಟ್ಟಿಯ

ಎರಡೂ ಪಕ್ಕಗಳಿಗೆ ಸೇರಿಸೋಣ. ಈ ಮೇಲ್ಮೈಗಳಿಗೆ, ಅಂದರೆ ಪಟ್ಟಿಯ ಮುಖ ಗಳಿಗೆ, ಸರಿಯಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವೇರ್ಪಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಬೆಳ್ಳಿ ಲೇಪನಕೊಟ್ಟಿರ ಬೇಕು. ಪಟ್ಟಿಯ ಮುಖಗಳ ಮೇಲೆ ಸಂಕೋಚನದ ಫಲವಾಗಿ ಅಸದೃಶ ಚಿಹ್ನೆಯ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಚೋದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಸಂಕೋಚನಕ್ಕೆ ಬದ ಲಾಗಿ ಕರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದರೆ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಚಿಹ್ನೆಗಳು ವಿಪರ್ಯಸ್ತ ವಾಗುವುವು : ಸಂಕೋಚಿಸಿದಾಗ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವಿದ್ದರೆ, ಕರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಕಾಣಬರುವುದು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಸ್ತವಾಗಿ. ಒತ್ತಡ ಅಥವಾ ಕರ್ಷಣೆ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಚೋದನೆಯಾದ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ **ಪೀಡನ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ** (piezoelectricity) ಎಂದು ಹೆಸರು.

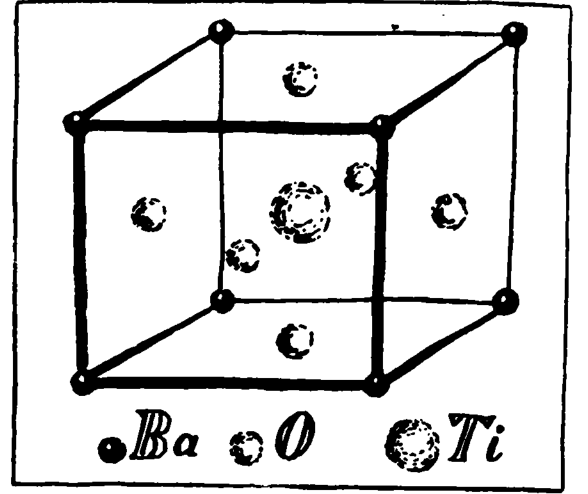
ಪೀಡನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ಼್ ಹರಳುಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾದವು ಗಳು : ಬೇರೆ ಯಾವ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಅಳತೆಮಾಡಲಾಗದಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಕೀಳಾದ ಬಲಗಳಿಂದ ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ಼್ ಮೇಲೆ ಚೋದಿತವಾದ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಉಪ ಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು. ಒಂದು ಪೀಡನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ಼್ ಹರಳು ಒತ್ತಡದ ಅತ್ಯಂತ ತೀವ್ರಗತಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚ ಬಲ್ಲುದು, ಈ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವನ್ನು ಇತರ ಉಪಕರಣ ಯಾವುದರಿಂದಲೂ ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಲಾಗಿರುವ ಪರಿಣಾಮವು ಎಲ್ಲಾ ವಿಧದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ಧ್ವನಿಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಗೊತ್ತು ಹಿಡಿಯುವ ಒಂದು ವಿಧಾನ ವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಅನ್ವಯಿಕ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯುಳ್ಳದ್ದು. ಪೀಡನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ಼್ ನವರು ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲೆ ಉಸಿರುಬಿಟ್ಟರೆ ಸಾಕು, ವಿದ್ಯುತ್ ಸೂಚಕ ಉಪಕರಣವು ತಕ್ಷಣವೇ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಪೀಡನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ಼್‌ನವರು ಪಟ್ಟಿಗಳು ವೈದ್ಯಕೀಯದಲ್ಲಿ ಹೃದಯದ ಮರ್ಮರ ಧ್ವನಿಗಳನ್ನು ಆಲಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪ ದಲ್ಲಿಯೂ ಯಂತ್ರಗಳ ಕಾರ್ಯರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ "ಸಂದೇಹಕರ"ವಾದ ಎಲ್ಲಾ ಸದ್ದುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕಾಗಿಯೂ ಇವುಗಳನ್ನು ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

ರಿಕಾರ್ಡ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳ ಧ್ವನಿ ಭುಜಗಳಲ್ಲಿಯೂ (tone arms) ಪೀಡನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಣಾಮದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲವಾಗಿಯೂ ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ್‌ಅನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ರಿಕಾರ್ಡಿನ ಗಾಡಿಯಲ್ಲಿ ಸೂಜಿಯ ಚಲನೆಯಿಂದ ಪೀಡನ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಳಿನ ಸಂಪೀಡನವೇರ್ಪಡುವುದು, ಇದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು. ಆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ವರ್ಧಿಸಿ ಒಂದು ಚಲನಾತ್ಮಕ ಧ್ವನಿವರ್ಧಕದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ಅದು ಧ್ವನಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವುದು.

ಇದುವರೆಗೂ ನಾವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಮತ್ತು (ಹಲವು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ) ಯಾಂತ್ರಿಕ ರೂಪವಿಕೃತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವೀಕರಿಸಿದ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಬಾಹ್ಯದ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಬಿಟ್ಟಾಗ ಪದಾರ್ಥವು ಪುನಃ ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೂ, ಈ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ವರ್ತನೆಯ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ, ಹೊರಗಿನ ಬಲಗಳ ಅಭಾವದಲ್ಲಿಯೂ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಹಲವು ಕಾಯಗಳಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ, ಏಕೆಂದರೆ, ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರದ ವ್ಯವಸ್ಥಾತ್ಮಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ತಡೆಯಲಾಗದ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ದ್ವಿಧ್ರುವ ಅಣುಗಳ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಗೇ ಒಯ್ಯುವುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಏಕಮಾನ ಕೋಶದಲ್ಲಿರುವ ಋಣ ಮತ್ತು ಧನ ಅಯಾನುಗಳ ಗುರುತ್ವ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ಇರುವ ಹರಳುಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆಗ ಎಲ್ಲಾ ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳೂ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಸಾಧ್ಯವೋ ಅಷ್ಟು ಧ್ರುವಣವನ್ನು ಮತ್ತು ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ದೊಡ್ಡ ಮೌಲ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶೀಲತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವೆಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

ಇಂತಹ ಹರಳುಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಮೊದಲಿಗೆ ರೋಷೆಲ್ ಸಾಲ್ಟ್ (Rochelle salt) ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಈ ವರ್ಗದ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೆ **ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳು** (ferro-



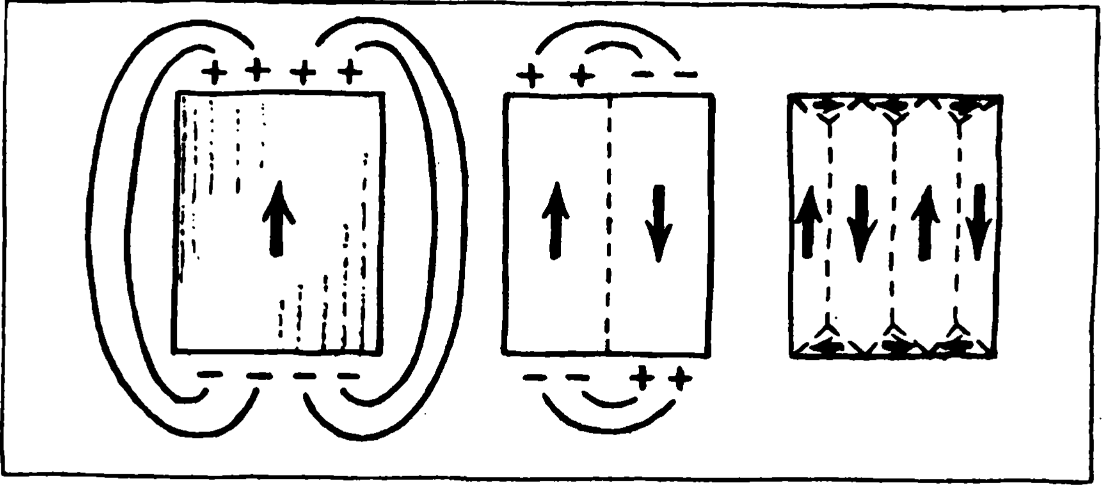
ಚಿತ್ರ 2.4

electrics) ಅಥವಾ **ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಳುಗಳು** (ferroelectric crystals) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯಾವಹಾರಿಕವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾದುದು ಬೇರಿಯಂ ಟೈಟನೇಟ್ (barium titanate). ಇದನ್ನು ದೃಷ್ಟಾಂತವಾಗಿಟ್ಟು ಕೊಂಡು ಈ ವರ್ಗದ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಅತಿ ವಿಚಿತ್ರವಾದ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಚರ್ಚಿಸ ಲಿದ್ದೇವೆ.

ಬೇರಿಯಂ ಟೈಟನೇಟ್ ಹರಳಿನ ಏಕಮಾನಕೋಶವನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.4ರಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಿದೆ. ಕೋಶದ ಕೋನಗಳಿಗೆ ಬೇರಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಂಡಿ ದ್ದೇವೆ. ತೆಳುಬಣ್ಣದ ಚಿಕ್ಕ ಗೋಳಗಳು ಆಮ್ಲಜನಕದ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಗೋಳವು ಟೈಟೇನಿಯಂನ ಒಂದು ಧನ ಅಯಾನು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕೋಶವು ಘನಾಕೃತಿಯಂತೆ ಕಾಣುವುದು. ಪದಾರ್ಥದ ನಿಖರ ವಾದ ಘನಾಕೃತಿಯ ಕೋಶವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಇರುತ್ತದೆ, ಆದರೆ 120 °C ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ. ನಿಖರವಾದ ಘನಾಕೃತಿಯ ಕೋಶವು ಸಮ ಸೂತ್ರತೆಯುಳ್ಳದ್ದೆಂಬುದೂ ಮತ್ತು ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರಲಾರ ದೆಂಬುದೂ ಸ್ಪಷ್ಟವೇ ಆಗಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, **ಕ್ಯೂರಿ ಬಿಂದು** (Curie point) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾದ ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದಾಚೆಗೆ ಬೇರಿಯಂ ಟೈಟನೇಟ್‌ನ



ಚಿತ್ರ 2.5

ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಮಾಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಪದಾರ್ಥವು ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದು.

ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು 120 °C ಗಿಂತ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಿದಾಗ, ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಟೈಟೇನಿಯಂ ಇವುಗಳ ಅಯಾನುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 0.1 ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್ ಅಷ್ಟು ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಆಗ ಕೋಶವು ಒಂದು ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ.

ಈ ಮುಂದಿನ ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಈ ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟವು ಅಷ್ಟೇ ಸುಲಭವಾಗಿ ಮೂರು ದಿಕ್ಕುಗಳ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡಬಹುದು : ಘನಾಕೃತಿಯ ಮೂರು ಅಕ್ಷಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ. ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ದಿಂದ ಕೋಶದ ರೂಪವಿಕೃತಿ ಏರ್ಪಡುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಂಡ ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳಿರುವ ಹರಳಿನ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ವಿಭಾಗ ಮಾಡುವ ಎಲ್ಲಾ ರೀತಿಗಳೂ ಒಂದೇ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಸಮಯೋಚಿತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಆದರ್ಶ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಧ್ರುವೀಕರಿಸಿದ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.5ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇಂತಹ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು (domains) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಪೂರ್ತಿ

ಹರಳು ಒಂದೇ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರವಾಗಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ಜೊತೆಗೆ – ಆಗ ಪರಮಾವಧಿ ಮೌಲ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವು ಲಭಿಸುವುದು – ಇದಕ್ಕಿಂತ ನಿಕೃಷ್ಟವಾದ ರೂಪಗಳೂ, ಹಾಗೂ (ಅತ್ಯಂತ ಬಲಗಡೆಗೆ ಇರುವ) ಬಾಹ್ಯ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವ ಒಂದೂ ಇರಬಹುದು.

ಆದರ ಮೇಲೆ ಬಾಹ್ಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ ಒಂದು ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸುವುದು ? ಇಲ್ಲಿ ಧ್ರುವಣ ಘಟನಾ ಕ್ರಮವು "ಅವಶ್ಯಕವಾದ" ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಅಭಿಮುಖವಾದ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರವು ತನ್ನ ಎಲ್ಲೆಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರಿಂದ ಬೆಳೆಯುವುದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಲಘುಕೋನದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿನ್ಯಾಸಪಟ್ಟಿರುವ ಪ್ರಭಾವಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಅಧಿಕಕೋನದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿನ್ಯಾಸ ಪಟ್ಟಿರುವ ಪ್ರಭಾವಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು "ನುಂಗುತ್ತವೆ". ಬಹಳ ತೀವ್ರವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲಸಿದ್ದಾಗ ಪ್ರಭಾವಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವಿಪರ್ಯಯವನ್ನೂ ಕಾಣಬಹುದು.

ಬೇರಿಯಂ ಟೈಟನೇಟ್ ಮುಖ್ಯವಾದ ಔದ್ಯೋಗಿಕ ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್. ಅದನ್ನು ಟೈಟೇನಿಯಂ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ ಮತ್ತು ಬೇರಿಯಂ ಕಾರ್ಬೊನೇಟ್ ಎಂಬ ಎರಡು ಪುಡಿಗಳನ್ನು ಉರಿಸುವುದರಿಂದ ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಫಲವಾಗಿ ಬರುವ ಪದಾರ್ಥವು ಒಂದು ವಿಧದ ಕುಂಭಕಲೆಯ ಪದಾರ್ಥ.

ಕುಂಭಕಲೆಯ ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ಅವುಗಳ ಮುಖ್ಯ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ ವೆಂದರೆ ಅವು ಕೆಪಾಸಿಟರುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೀಲತೆಯನ್ನು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸುವುವು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ನಾವು ವಿವರಿಸಿರುವ ಧ್ರುವಣ ಘಟನಾಕ್ರಮದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡು ವಂತೆ, ε ನ ಮೌಲ್ಯವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯೊಡನೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ, ಕೆಪಾಸಿಟರು ವೇರಾಕ್‌ಟರ್ (Varactor) ಅಂದರೆ, ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಗೊಳ್ಳುವ ಕೆಪಾಸಿಟರಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮಾರ್ಪಾಟನ್ನು (frequency modulation) ಅತಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ನೆರವೇರಿಸ ಬಹುದು. ಇದು ಯಾವುದೇ ರೇಡಿಯೋ ಅಥವಾ ಟಿ.ವಿ. ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿ ಸುವ ಕಾರ್ಯಗತಿ.

ಅನೇಕ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ, ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಕುಂಭಕಲೆ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ್‌ಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತ ಧ್ವನಿಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಹಾಗೆಯೇ, ಪರಾ ಶ್ರಾವ್ಯ ಧ್ವನಿಗೂ (ultrasounds) ಕೂಡ ವೃದ್ಧಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಕ್ವಾರ್ಟ್ಜ್‌ಗೆ ಸ್ಪರ್ಧಿಯಿಲ್ಲದಿರುವ ಏಕಮಾತ್ರ ಕ್ಷೇತ್ರವೆಂದರೆ ರೇಡಿಯೋ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವುದು.

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯವು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಮೇಲಿನ ತಮ್ಮ ಅಧ್ಯಾಯಗಳನ್ನು ಗಾಜು ಅಥವಾ ಗಟ್ಟಿಯಾದ ರಬ್ಬರ್ ದಂಡ ಇವುಗಳನ್ನು ಉಜ್ಜಿದಾಗ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಉಲ್ಲೇಖದೊಡನೆ ಆರಂಭಿಸುವುವು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಈ ಸಂಗತಿಯ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡದೆ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಏಕೆ ?

ಮೊದಲಿಗೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣವು (ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ ನೇರವಾಗಿ) ನಾವು ಈಗ ತಾನೆ ಚರ್ಚಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕಗಳ ಧ್ರುವಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿಲ್ಲ. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ಧ್ರುವಣವು, ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕದಿಂದ "ಹೊರಕ್ಕೆ ಎಳೆಯಲಾಗದ" ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವಿರುವ ಬಂಧಿತ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿಯೇ. ಗಾಜು ಅಥವಾ ಗಟ್ಟಿಯಾದ ರಬ್ಬರಿನ ಮೇಲೆ ಬೆಕ್ಕಿನ ತುಪ್ಪಳದಿಂದ ಉಜ್ಜಿದರೆ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಮುಕ್ತ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಮತ್ತು ಇದರ ಅರ್ಥ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವುದು.

ಏನು ಸಂಭವಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದರ ಸಾಮಾನ್ಯ ಚಿತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಅಲ್ಲ. ಅವಾಹಕದಲ್ಲಿರುವ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಕಡಿಮೆ ಮೊತ್ತವು ತಮ್ಮ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲಗಳಿಂದ ಬಂಧಿತವಾಗಿರುವುದೆಂದು ತೋರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಎರಡು ಕಾಯಗಳನ್ನು ಒತ್ತಾದ ಸಂಸರ್ಗದಲ್ಲಿರುವ ಹಾಗೆ ಹಿಡಿದುಕೊಂಡರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದರಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಸಾಗಿ ಹೋಗಬಹುದು. ಆಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣವೇರ್ಪಡುವುದು. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಒತ್ತಾದ ಸಂಸರ್ಗವೆಂದರೆ ಮೇಲ್ಮೈಗಳನ್ನು

ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರಗಳ ಸಮಕ್ಕೆ ತರುವುದು. ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣವಿಕವಾಗಿ ನುಣುಪಾಗಿರುವ ಮೇಲ್ಮೈಗಳಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ, ಉಜ್ಜುವುದು ಎಲ್ಲಾ ವಿಧದ ಮೊನಚು ಭಾಗಗಳನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸಿ, ನಿಜವಾದ ಸಂಸರ್ಗದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ.

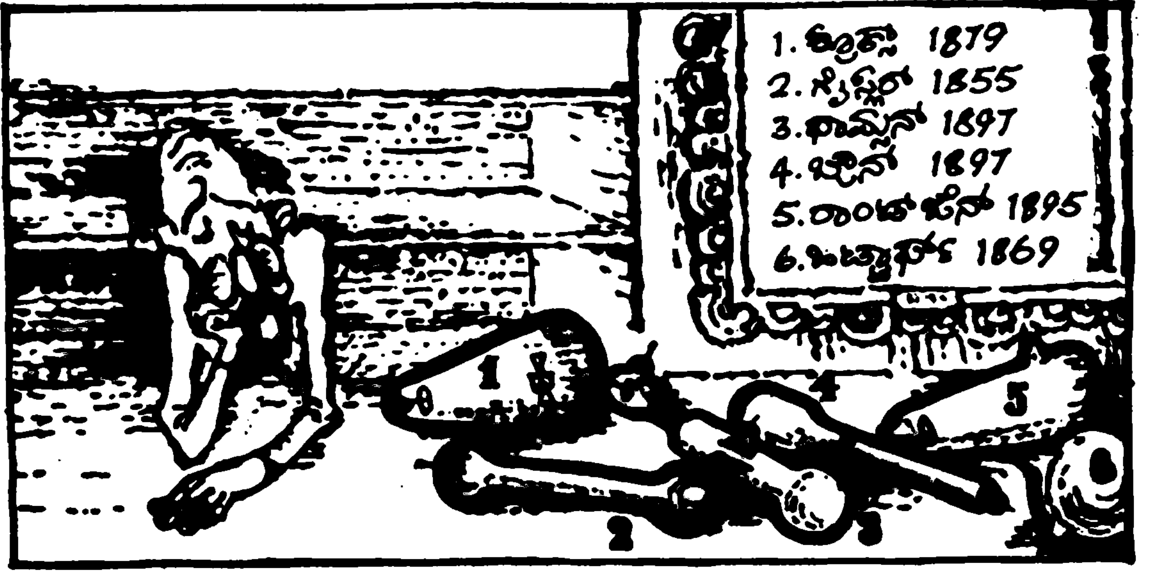
ಒಂದು ಕಾಯದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾಯಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯು ಯಾವುದೇ ಎರಡು ಕಾಯಗಳ – ಅವುಗಳು ಲೋಹಗಳಾಗಲಿ, ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಾಗಲಿ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕಗಳಾಗಲಿ – ನಡುವೆ ಸಂಭವಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳನ್ನು (ಅಥವಾ ಅವಾಹಕಗಳನ್ನು) ಮಾತ್ರ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣಮಾಡಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಇಂತಹ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಇನ್ನೊಂದು ಕಾಯದಿಂದ ಯಾವ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಉಜ್ಜಲ್ಪಟ್ಟಿವೆಯೋ ಅದೇ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತವೆ.

ಈ ತತ್ತ್ವನಿರೂಪಣೆ ಬಗ್ಗೆ ನಾನು ಪೂರ್ಣ ತೃಪ್ತಿ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಲಾರೆ. ಇದು ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ಗಟ್ಟಿ ರಬ್ಬರ್, ಗಾಜು ಮತ್ತು ಬೆಕ್ಕಿನ ತುಪ್ಪಳ ಇವುಗಳ ಉಪಯೋಗದ ಅನುಕೂಲತೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಉತ್ತರಗಳಿಲ್ಲದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ರಾಶಿಗಳನ್ನು ಮಂಡಿಸಬಹುದು.

ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ವಹನ

ಒಂದು ಗಾಜಿನ ನಳಿಕೆಯನ್ನು ಅನಿಲ ಒಂದರಿಂದ ತುಂಬಿಸಿ, ನಳಿಕೆ ಒಳಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಕಚ್ಚಿಸಿ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ವಹನದ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಒಂದು ಸರಳರೂಪದ ಸಾಧನವಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸಾಗುವ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬಹುದು, ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬಹುದು.

ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ವಹನದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ದ್ರವ್ಯದ ವೈದ್ಯುತ ರಚನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ನಮ್ಮ ಭಾವನೆಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಬಹುದೊಡ್ಡ ಪಾತ್ರ



ಚಿತ್ರ 2.6

ವನ್ನು ವಹಿಸಿವೆ. ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗವನ್ನು ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ನಡೆಸಲಾಯಿತು.

ನಾವು ವಿವರಿಸುತ್ತಲಿರುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ವಿವಿಧ ಆಕಾರದ ನಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.6ರಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರಿಸಿದೆ. ಮಧ್ಯ ಯುಗದ ಶ್ರೇಷ್ಠ ಕಲೆಗಾರರ ಎಲ್ಲಾ ಪುರಾತನ ಪ್ರತಿಮೆಗಳೂ ಮತ್ತು ವರ್ಣಚಿತ್ರಗಳೂ ಬಹಳ ಕಾಲದಿಂದ ಪುನಃಪುನಃ ಕೊಂಡುಕೊಳ್ಳಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದರಿಂದ, ಪುರಾತನ ಕಲಾವಸ್ತುಗಳ ಮಾರಾಟಗಾರರು ಈಗ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿಲ್ಲದ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲಾ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಮಾರಾಟಕ್ಕಿಡುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಪಶ್ಚಿಮ ಯೂರೋಪ್ ಮತ್ತು ಅಮೆರಿಕದ ಅಪೂರ್ವ ವಸ್ತುಗಳ ಅಂಗಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರ 2.6ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಅಪರೂಪವಾದ ಸಾಮಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ನೀವು ಕೊಳ್ಳಬಹುದು (ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಳ್ಳೆಯ ಬೆಲೆಗೆ).

ಒಂದು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಆರಂಭವಾಗುವುದು ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ರಹಿತ ಅಣುಗಳು ಋಣ ಅಯಾನುಗಳಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಧನ ಅಯಾನುಗಳಾಗಿಯೂ ಒಡೆಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಅಣುಗಳಿಂದಲೂ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದಲೂ ಬಿಡಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗಬಹುದು. ಧನ ಅಯಾನುಗಳ ಒಂದು ಕಿರಣಜಾಲ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳ

ಕಿರಣಜಾಲಗಳು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇವುಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಉಂಟಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಅನಿಲವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ವಹಿಸುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಲು ವಿದ್ಯುತ್‌ರಹಿತ ಅಣುಗಳು ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಹೊರಗಿನ ಅಯಾನಕಾರಕದಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕಣಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದಾಗಲಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ಹೊರಗಿನ ಅಯಾನೀಕರಣದ ಸಾಧನಗಳು ನೀಲಾತೀತ, ಕ್ಷ-ವಿಶ್ವ ಅಥವಾ ವಿಕಿರಣ-ಕ್ರಿಯಾ ಕಿರಣಗಳಾಗಿರಬಹುದು. ಉಚ್ಚಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಕೂಡ ಒಂದು ಅನಿಲದ ಅಯಾನೀಕರಣವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು.

ಒಂದು ಅನಿಲದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸಾಗಿದಾಗ, ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ದ್ಯುತಿ ಪರಿಣಾಮವೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಭೆಯ ಲಕ್ಷಣವು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಅನಿಲ, ಅದರ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಇವುಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಭೆಯ ಮೇಲಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದ್ದವು, ಅದರಲ್ಲೂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ನಿಯಮಗಳ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯ ಮೂಲ ವಿಶೇಷವಾದದ್ದು.

ಒಂದು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ವಹನವು ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುವ ರೀತಿಯನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಒಂದು ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಇದನ್ನು ವರ್ಣಿಸುತ್ತದೆ: ಈ ರೇಖೆಯನ್ನು **ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳ ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕವಕ್ರ** (current vs voltage characteristic) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. (ಇದು ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲದೆ ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಾಲಿಸದ ಯಾವುದೇ ವಾಹಕ ಮಂಡಲಕ್ಕೂ ಸಹ ಅನ್ವಯ).

ಒಂದು ಅನಿಲ ವಿದ್ಯುತ್-ವಿಸರ್ಜನ ನಳಿಕೆಗೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ, ಯಾವುದೇ ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಪ್ರತಿನಿಧಿರೂಪದ ಸಂಭವಗಳನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಈಗ ವಿವರಿಸಲಿರುವ, ಅನಿಲದ ಈ ವರ್ತನೆಯು ವಿಸ್ತಾರ

ವಾದ ಒತ್ತಡ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವುದು. ಅಣುಗಳ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ದೂರವು (free-path) ಅನಿಲ ವಿದ್ಯುತ್-ವಿಸರ್ಜನ ನಳಿಕೆಯ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಗೆ ಸಮಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುವಂತಹ ಕೆಳಮಟ್ಟದ ಒತ್ತಡಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ವರ್ಜಿಸಲಾಗುವುದು. ಅನಿಲಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ದ್ರವಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ಒತ್ತಡಗಳನ್ನೂ ನಮ್ಮ ಚರ್ಚೆಯು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ನಳಿಕೆಯೊಳಗೆ ತಗ್ಗಾದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ನಾವು ಆರಂಭಿಸುತ್ತೇವೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ಅಯಾನಕಾರಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸದಿದ್ದರೆ, ನಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಅಯಾನಕಾರಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಅದು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ •ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳನ್ನು – ಅಯಾನುಗಳನ್ನೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೂ – ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರವು ಸ್ಥಾಪಿತವಾದ ಕೂಡಲೆ, ಕಣಗಳು ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ನಳಿಕೆಯ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ಕಡೆಗೆ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ಕಡೆಗೆ ಕಣಗಳು ಸಾಗುವ ವೇಗವು ಅನೇಕ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆ ಮತ್ತು ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು.

ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವಿದ್ಯುತ್‌ಬಲದ ಕಾರಣದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಅಯಾನುಗಳ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯು ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುವುದು. ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಪಡೆದ ಕಣ ಒಂದು ಅಲ್ಪ ದೂರವೇ ಸಾಗುವುದು. ಅದರ ಅಲ್ಪ ದೂರದ ಚಲನೆಯು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಘರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿಸಮಾಪ್ತವಾಗುವುದು. ತಗ್ಗಾದ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ, ಈ ಘರ್ಷಣೆಗಳು ಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾಪಕ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

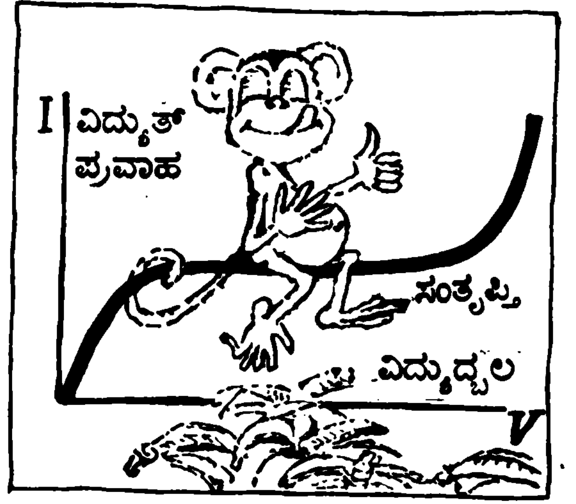
ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ದೂರವು, ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಒತ್ತಡವು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ದೂರವು ಅಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಕಣಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯ ಸರಾಸರಿ ವೇಗವು ಅಷ್ಟು ತಗ್ಗಾಗುವುದು. ಒಂದು ಅನಿಲ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ

ಪರಿಣಾಮವು ಉಂಟಾಗುವುದು : ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಕಣಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯ ಸರಾಸರಿ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ.

ನಳಿಕೆಗೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಡದಿದ್ದರೆ, ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಈ ಮುಂದಿನ ಘಟನೆಗಳು ಸಂಭವಿಸುತ್ತವೆ : ಅಯಾನಕಾರಕವು ಅಯಾನುಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ ವಿರುದ್ಧ ಚಿಹ್ನೆಯ ಅಯಾನುಗಳು ಸಂಧಿಸಿದಾಗ ಒಂದರೊಡನೊಂದು ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಅಯಾನುಗಳ ಪುನಃಸಂಯೋಗ (ion recombination) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಪುನಃಸಂಯೋಗವಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಕಣಗಳ ಜೋಡಿ ಒಂದು ಬೇಕಾಗುವುದರಿಂದ, ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ವೇಗವು ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಪ್ರಮಾಣಾನುಗುಣವಾಗಿರುವುದು.

ಅಯಾನಕಾರಕವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಅಯಾನೀಕರಣ ಮತ್ತು ಪುನಃಸಂಯೋಗ ಎಂಬ ಈ ಎರಡು ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡುವುದು. ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದಿರುವ ಅಯಾನಮಂಡಲದಲ್ಲಿ (ionosphere) ಆಗುವುದು ಇದೇ. ದಿನದ ಕಾಲ ಮತ್ತು ಋತುವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಒಂದು ಘನಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿನ ಅಯಾನೀಕೃತ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಅಯಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಹತ್ತು ಕೋಟಿಗಳಷ್ಟರವರೆಗೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು. ಹೀಗಾಗಿ ಅಯಾನೀಕರಣದ ಮಟ್ಟವು ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ಒಂದು ಪ್ರತಿಶತದಷ್ಟಿರುವುದು (ಹೆಚ್ಚಾದ ಎತ್ತರಗಳಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ವಾಯುವಿನ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಿರಿ).

ಆದರೆ ಈಗ ನಾವು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನೀಕೃತ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ಅಯಾನೀಕರಣ ಮತ್ತು ಪುನಃಸಂಯೋಗ ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಮತಾಸ್ಥಿತಿಯು ಕೆಡುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಅಯಾನುಗಳ ಒಂದು ಭಾಗವು ಅವು ಪುನಃಸಂಯೋಜಿತವಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲೇ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಸೇರುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಕಾಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಅಯಾನುಗಳ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗವು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಸೇರುತ್ತವೆ, ಇದರಿಂದ ಅನಿಲದ ಮೂಲಕ ಸಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಪುನಃ



ಚಿತ್ರ 2.7

ಸಂಯೋಗಕ್ಕೆ ಕಾಲಾವಕಾಶವಿಲ್ಲದೆ ಹೋಗುವವರೆಗೂ ಮತ್ತು ಅಯಾನಕಾರಕಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಅಯಾನುಗಳೆಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಸೇರುವಂತಾಗುವವರೆಗೂ ಇದು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬು ಸ್ಪಷ್ಟ (ಇದನ್ನು **ಸಂತೃಪ್ತಿ ಪ್ರವಾಹ (saturation current)** ಎಂದು ಕರೆಯುವರು, ಚಿತ್ರ 2.7ರಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ-ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಕ್ರದ ಕ್ಷಿತಿಜೀಯ ಭಾಗವು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ).

ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಸಂತೃಪ್ತಿ ಪ್ರವಾಹವೇರ್ಪಡುವ ಕ್ಷೇತ್ರ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಅಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

ಸಂತೃಪ್ತಿ ಪ್ರವಾಹವು ನಳಿಕೆಯ ಪೂರ್ತಿ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಯಾನಕಾರಕದಿಂದ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಉಂಟಾಗುವ ಅಯಾನುಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಂತೃಪ್ತಿ ಪ್ರವಾಹವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ತುಂಬ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ : ಸುಮಾರು ಒಂದು ಮೈಕ್ರೋಆಂಪೇರ್ ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ. ಅದರ ಪರಿಮಾಣವು ಅಯಾನಕಾರಕವು ಅನಿಲವನ್ನು ಹೊಡೆತಕ್ಕೆ ಗುರಿಪಡಿಸುವ ವಿನಾಶಕಾರಿಕ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ನಳಿಕೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ-ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಕ್ರದ ಸಂತೃಪ್ತಿ ಪ್ರವಾಹದ ಮಿತಿಗಳೊಳಗೆ ಇರುವ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿ ಮತ್ತು ಆನಿಲವನ್ನು ಹೊರಗಣ

ಅಯಾನಕಾರಕದ ಪರಿಣಾಮಗಳೇನೂ ಇರದಂತೆ ರಕ್ಷಿಸಿದ್ದರೆ, ಪ್ರವಾಹ ಹರಿಯುವುದು ನಿಲ್ಲುವುದು. ಇದನ್ನು ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೇ ಮುಂದುವರಿಯದ ಅನಿಲ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆ ಎಂದು ಹೇಳುವರು.

ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಪುನಃ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಹೊಸ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು ಸಂಭವಿಸುವುವು. ಒಂದು ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರದೂಡುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟವನ್ನು ಸೇರುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ತನ್ನ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಅಯಾನೀಕರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಪಡೆಯುವ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟಬೇಕು. ಘರ್ಷಣೆಯ ಅಯಾನೀಕರಣದ ಪ್ರಾರಂಭವು ಪ್ರವಾಹ–ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಕ್ರದ ಮೇಲೆ ಗಮನೀಯವಾದ ಪರಿಣಾಮ ಉಂಟುಮಾಡುವುದು: ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪುನಃ ಹೆಚ್ಚಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯಾಗುವುದು. ವೇಗದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅಯಾನೀಕರಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಹೆಚ್ಚುವುದು, ಇದರಿಂದ ಅಯಾನು ಜೋಡಿಗಳ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ–ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಕಡಿದಾಗಿ ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ ತಿರುಗುವುದು. ಸಂತೃಪ್ತಿ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹಲವು ನೂರು ಮತ್ತು ಸಾವಿರ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಅನಿಲವು ಜ್ವಲಿಸಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ.

ಈಗ, ಹೊರಗಣ ಅಯಾನಕಾರಕದ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೆಗೆದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಲೇ ಇರುವುದು. ನಾವು ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೇ ಮುಂದುವರಿಯುವ ಅನಿಲ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿರುತ್ತೇವೆ. ಈ ಗುಣಸಂಬಂಧಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಸಂಭವಿಸುವ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು **ಅನಿಲ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಭಂಗ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ** ಅಥವಾ **ಉರಿಹೊತ್ತಿಗೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ** ಎಂದು ಕರೆಯುವರು.

ಈ ಅವಧಿಕ ಮಿತಿಯನ್ನು ದಾಟಿ ಹೋದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಡಿದಾದ

ಹೆಚ್ಚಿಕೆಗೆ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಉರುಳುನೀರ್ಗಲ್ಲಿನೋಪಾದಿಯ ಹೆಚ್ಚು ವರಿಯೇ ಕಾರಣ. ಮುಕ್ತಿ ಹೊಂದಿದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ರಹಿತ ಅಣುವನ್ನು ನಾಶಮಾಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ತಾವು ಸಂಧಿಸುವ ಮತ್ತೊಂದು ಅಣು ಜೋಡಿಯನ್ನು ಒಡೆಯುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಎರಡು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಎರಡು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ನಾಲ್ಕಾಗುತ್ತವೆ, ನಾಲ್ಕು ಎಂಟಾಗುತ್ತವೆ, ಇತ್ಯಾದಿ. ಹೀಗೆ "ಉರುಳುನೀರ್ಗಲ್ಲು" ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಉಪ ಯೋಗಿಸಿರುವುದನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸುವುದೆಂದು ನೀವು ಒಪ್ಪಲೇಬೇಕಾಗು ವುದು.

ಅನಿಲಗಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ–ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಮುನ್‌ತೋರಿಸಿಕೊಡುವ ಒಂದು ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆ ಯನ್ನು ಮುಂದಿಡಲಾಗಿದೆ.

ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೇ ಮುಂದುವರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಸರ್ಜನೆ

ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಧದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳಿವೆ. ನಾವು ಕೆಲವನ್ನು ಮಾತ್ರ ವಿವರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಕಿಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆ : ಎರಡು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ವಾಯುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಕಿಡಿಯನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಸರಳವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣ ಬಹುದು. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಎರಡು ತಂತಿಗಳನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ತರುವಷ್ಟರಿಂದಲೇ ಕಿಡಿಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು. "ಸಾಕಷ್ಟು" ಎಂದು ಹೇಳಿದರೆ ಎಷ್ಟು ? ಕಿಡಿಯು ಹಾದು ಹೋಗಬೇಕಾಗಿರುವ ಮಾಧ್ಯಮವು ವಾಯುವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯು ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 30 ಸಾವಿರ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು. ಅಂದರೆ 3000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಭವವು (potential difference) ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿನ ಸಣ್ಣ ತೆರಪಿಗೆ ಸಾಕಾಗುವುದು. ನಿತ್ಯಗಟ್ಲೆಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ತಪ್ಪಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ತಂತಿಕಟ್ಟನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸುವಾಗ ಆಗಲಿ ಅಥವಾ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶದ ತುದಿಗಳಿಂದ ಹೊರಟ ಎರಡು

ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಅತಿ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ಸೇರುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಆಗಲಿ (ಇಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳ ಕೊನೆಗಳ ನಡುವಿನ ತೆರಪು ಒಂದು ನಿರಪಾಯದ ಕ್ಷೌರ ಕತ್ತಿಯ ಅಲಗಿನ ದಪ್ಪದಷ್ಟು ಇರಬೇಕು.) ಇಂತಹ ಸಣ್ಣ ಕಿಡಿಯನ್ನು ನೋಡಬಹುದು.

ಭಂಗ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಅದು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ಆಕಾರದ ಮೇಲೆಯೂ ಅವಲಂಬವಾಗಿರುವುದು.

ಅನಿಲದ ಮೂಲಕವೇ ಅಲ್ಲದೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧಕ ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿಯು ಹಾಯಬಲ್ಲುದು. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಿಲ್ಪಿಯು ತನ್ನ ಕೆಲಸಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಭಂಗ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನೂ ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿರುವುದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು.

ಮಿಂಚು ವಿರುದ್ಧ ಚಿಹ್ನೆಯ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಪಡೆದಿರುವ ಎರಡು ಮೋಡಗಳ ನಡುವೆ ಹಾರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿ ಎಂಬುದು ಈಗ ನಮಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸ್ಪಷ್ಟ ವಾಗಿರುವುದು. ಆದರೆ, ಹೀಗೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಮಿಖೇಯಲ್ ವ್ಯಾಸಿಲಿ ವಿಚ್ ಲೊಮೊನೊಸಾವ್ (1711–1765) ಮತ್ತು ಬೆಂಜಮಿನ್ ಫ್ರಾಂಕ್ಲಿನ್ (1706-1790) ಇವರುಗಳು ಈ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಬಹಳ ಶ್ರಮಿಸಿದರು. ಲೊಮೊನೊಸಾವ್ ಒಡನೆ ಸಹಕರಿಸಿದ ಜಾರ್ಜ್ ವಿಲ್ಹೆಲ್ಮ್ ರಿಚ್ ಮ್ಯಾನ್ (1711–1753) ಎಂಬ ರಷ್ಯನ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು, ಸಿಡಿಲುಮಳೆ ಯಾಗುತ್ತಿದ್ದಾಗ ತಾನು ಹಾರಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಗಾಳಿಪಟಕ್ಕೆ ಕಟ್ಟಿದ್ದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ದಾರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಿಂಚನ್ನು ನೆಲಕ್ಕೆ ಹಾಯಿಸಲು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಣ ಕಳೆದುಕೊಂಡನು.

ಒಂದು ಮಿಂಚುಬಡಿತದಲ್ಲಿನ ಕಿಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ವಿಷಯಗಳು ದೊರಕಿವೆ. ಮೋಡಕ್ಕೂ ಭೂಮಿಗೂ ನಡುವಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಸುಮಾರು 10^8 ರಿಂದ 10^9 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟಿರುವುದು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಹತ್ತಾರರಿಂದ ನೂರಾರು ಸಾವಿರ ಆಂಪೇರುಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವುದು. ಕಿಡಿಯ ಪ್ರವಾಹ ಮಾರ್ಗದ ವ್ಯಾಸವು 10 ರಿಂದ 20 ಸೆಂ.ಮೀ.ಗಳ ವರೆಗಿನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಮಿಂಚಿನ ಹೊಳಪಿನ ಕಾಲಾವಧಿಯು ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದು : ಸುಮಾರು ಒಂದು ಮೈಕ್ರೊಸೆಕೆಂಡ್. ಮಿಂಚಿನ ಪ್ರವಾಹಮಾರ್ಗದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು ಸಣ್ಣದಾಗಿಯೇ ಇರುವುದೆಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅಂದಾಜು ಮಾಡಬಹುದು.

ಆಕಾಶದಿಂದ ಬರುವ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿಗಳನ್ನು ಅತಿ ವೇಗ ಚಲನಚಿತ್ರ ಛಾಯಾಗ್ರಹಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪರಿಶೀಲನ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಮಿಂಚಿನ ಬಡಿತವು ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಪಥದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಕಿಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳ ಸಾಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮಿಂಚು ಒಂದು ವಿಧದ "ಮುಂದಾಳ"ನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ, ಇದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಅನುಕೂಲವಾದ, ಆದರೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಸಿಕ್ಕಾಬಟ್ಟೆ ಕವಲುಕವಲಾಗಿರುವ ದಾರಿಯನ್ನು ಕೊರೆಯುತ್ತದೆ.

ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಚೆಂಡುಮಿಂಚೂ ಕಾಣಬರುವುದು. ಈ ವಿಧದ ಮಿಂಚು ಪೂರ್ತಿ ಅರ್ಥವಾಗಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅದು 10 ರಿಂದ 20 ಸೆಂ.ಮೀ.ವರೆಗಿನ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಅನಿಲ ರೂಪದ ಪ್ಲಾಸ್ಮದ (plasma) ಒಂದು ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುವ ಗೋಳ. ಚೆಂಡುಮಿಂಚು ನಿಧಾನ ವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವುದು. ಅದು ಹಲವಾರು ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಅಥವಾ ನಿಮಿಷಗಳ ಕಾಲಪರ್ಯಂತ ಇರುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಸಿಡಿತದೊಡನೆ ಮಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕುತೂಹಲಕರವಾದ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಮಂಡಿಸಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಒಪ್ಪಲೇಬೇಕು.

ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪ ವಿಸರ್ಜನೆ : ಒಂದು ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪ ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಪ್ರಸಿದ್ಧ ರಷ್ಯನ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಯಾದ ವ್ಯಾಸಿಲಿ ವ್ಲಾಡಿ ಮಿರೋವಿಚ್ ಪೆತ್ರೋವ್ (1761–1834) ಎಂಬಾತನು 1802ರಷ್ಟು ಹಿಂದೆಯೇ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ದೊರಕಿಸಿದನು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲದಿಂದ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದ್ದ ಎರಡು ಇಂಗಾಲದ ತುಂಡುಗಳು ಮುಟ್ಟುವಂತೆ ಮಾಡಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪವನ್ನು ಆಗಿಸಿದನು. ಆಮೇಲೆ ಇಂಗಾಲ ತುಂಡು ಗಳನ್ನು (ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳನ್ನು) ದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಸಿದನು. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನೇ

ಈಗಲೂ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ನಿಜ, ಒತ್ತಿ ಅಡಕಮಾಡಿದ ಇಂಗಾಲದ (graphite) ಪುಡಿಯಿಂದ ಮಾಡಿದ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ಇಂಗಾಲ ದಂಡಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಧನ ದಂಡವು ಋಣ ದಂಡಕ್ಕಿಂತ ಬೇಗ ಉರಿದು ಹೋಗುವುದು. ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳನ್ನು ನೋಡುವುದರಿಂದಲೇ ಯಾವುದಕ್ಕೆ ಧನ ಧ್ರುವವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು; ಅದರ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಜ್ವಾಲಾಮುಖಿಯ ಬಾಯಿ (crater) ಎಂಬುವ ಒಂದು ಗುಂಡಿ ಇರುವುದು. ಈ ಗುಂಡಿಯಲ್ಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು, ಪ್ರಮಾಣಭೂತ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ, 4000 °C ಮುಟ್ಟ ಬಹುದು. ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು 6000 °Cಗೆ, ಅಂದರೆ ಸೂರ್ಯಮಂಡಲದ ಮೇಲ್ಮೈ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಏರಿಸಬಹುದು. ಲೋಹದ ವಿದ್ಯು ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಉಂಟುಮಾಡಿದ ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪವು ಇನ್ನೂ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶವುಳ್ಳ ಜ್ವಾಲೆಯುನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು.

ಕೆಳಮಟ್ಟದ, ಸುಮಾರು 40-50 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪವನ್ನು ನಡೆಸಿಕೊಂಡಿರುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಾಗುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ನೂರಾರು ಆಂಪೇರುಗಳಿರಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅನಿಲ ಸ್ಥಂಭದ ನಿರೋಧವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ.

ಇಷ್ಟು ತಗ್ಗಾದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳಿರುವಾಗ, ಅನಿಲದ ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕತ್ವಕ್ಕೆ ಹೇಗೆ ವಿವರಣೆಕೊಡಬಹುದು ? ಅಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗ ಗಳಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಬಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವೇರ್ಪಡು ವುದಕ್ಕೆ ಅವುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಹೆಚ್ಚಾದ ಪಾತ್ರವೇನೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ, ಇದರ ವಿವರಣೆ ಹೀಗಿರುವುದು : ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪವು ಬಡಿದ ಮೊದಲಿನ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ, ಸಂಸರ್ಗದ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಮೊತ್ತದ ಉಷ್ಣವು ಉಂಟಾಗಿ, ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ತುದಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಏರುವುದು. ಇದರಿಂದ ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳಿಂದ ಅಗಾಧ ಸಂಖ್ಯೆಯ ತಾಪೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆ (ತಾಪಾಯನಿಕ ವಿಸರ್ಜನೆ) ಆರಂಭವಾಗುವುದು. ಇದರಿಂದ, ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ ತಿಳಿಯುವುದೇನೆಂದರೆ, ಋಣ

ಧ್ರುವದ ಉಚ್ಚಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶವೇ ಇಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು; ಧನ ವಿದ್ಯು ಧ್ರುವವು ತಣ್ಣಗೆಯೇ ಉಳಿದಿರಬಹುದು.

ಈ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ರಚನೆಯ ರೀತಿಯು ಕಿಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಗಿಂತ್ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು.

ಈ ಸಂಗತಿಯು ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾದು ದೆಂಬುದನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ಜ್ಞಾಪಕ ಮಾಡಿಕೊಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಲೋಹಗಳನ್ನು ಬೆಸೆಯುವುದರಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಕುಯ್ಯುವುದರಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಲೋಹ ವಿದ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳನ್ನು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸು ವರು.

ಜ್ವಲನ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆ : ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೇ ಮುಂದುವರಿಯುವ ಈ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಸರ್ಜನೆಯೂ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯುಳ್ಳದ್ದು, ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಅನಿಲ-ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಸರ್ಜನಾ ನಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ –ಇವುಗಳನ್ನು ಹಗಲಿನ ದೀಪಗಳು ಎಂದೂ ಕರೆಯುವರು – ಸಂಭವಿಸುತ್ತದೆ. ನಳಿಕೆ ಯನ್ನು ಹೇಗೆ ರಚಿಸಲಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು (ವಾಯುಮಂಡಲ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಒತ್ತಡದ) ಅನಿಲದಿಂದ ತುಂಬಿಸಿದೆ ಎಂದರೆ, ಅದು ಉರಿಹೊತ್ತಿಗೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಗತ ವಾಗುವುದು. ಅನಿಲ–ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಸರ್ಜನ ದೀಪಗಳಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಅಯಾನೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರದೂಡಲ್ಪಡುವುದರಿಂದಲೂ ಉಂಟಾಗು ವುದು. ಒಂದು ಅನಿಲ–ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಸರ್ಜನ ದೀಪವು ತಕ್ಷಣವೇ ಹೊತ್ತಿಕೊಳ್ಳು ವುದಿಲ್ಲ. ಯಾವುದೇ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಯಾವಾಗಲೂ ಇದ್ದೇ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಕಣಗಳ ಸಣ್ಣ ಮೊತ್ತದಿಂದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಆಘಾತವನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕಾಗಿರು ವುದೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ.

ಪರಿವೇಷ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆ : ತೀವ್ರವಾಗಿ ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವಾಯುಮಂಡಲ ಒತ್ತಡವಿರುವಾಗ, ಒಂದು ಪರಿವೇಷ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನು

ಕಾಣುತ್ತೇವೆ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಅಥವಾ ಮೊನಚಾದ ಕೊನೆಯ ಸಮೀಪ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ. ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು : ಸುಮಾರು ಒಂದು ಮೀಟರಿಗೆ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು. ಚೂಪಾದ ಬಿಂದುವನ್ನು ಯಾವ ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಲಾಗಿದ್ದರೂ ಬಾಧಕವಿಲ್ಲ, ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಹೀಗಾಗಿ, ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ಪರಿವೇಷ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳೆರಡೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಚೂಪಾದ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ದೂರ ಸರಿದಹಾಗೆಲ್ಲಾ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದರಿಂದ, ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದ ಆಚೆ ಪರಿವೇಷ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಮಾಯವಾಗುವುದು. ಪರಿವೇಷ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಅನಿಲದ ತೆರಪಿನ ಅಪೂರ್ಣವಾದ ಭಂಗವೆಂದು ನಾವು ವಾದಿಸಬಹುದು. ಬಿಂದುವಿನ ಕಡೆಗೋ ಅಥವಾ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಗಣ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೋ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪ್ರಪಾತಗಳಿಂದ ಒಂದು ಪರಿವೇಷ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಜೊತೆಗೆ, ಪರಿವೇಷ ಪ್ರದೇಶವು ಋಣ ಮತ್ತು ಧನ ಅಯಾನುಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ– ಇವು ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯವಾದ ವಾಯು ಅಣುಗಳ ವಿಘಟನೆಯ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು. ಪರಿವೇಷವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪ್ರಪಾತದಲ್ಲಿನ ಬಿಂದುವಿನ ಹತ್ತಿರದ ಸಣ್ಣ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಜ್ವಲಿಸುತ್ತದೆ.

ಪರಿವೇಷದ ಪ್ರಾರಂಭವು ವಾಯುಮಂಡಲದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಹಾಗೂ ಅದರಲ್ಲೂ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಆರ್ದ್ರತೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು.

ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಮರಗಳ ಮೇಲ್ತುದಿಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಹಡಗುಗಳ ಪಟಸ್ತಂಭಗಳನ್ನೂ ಜ್ವಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಹಿಂದೆ ಇದಕ್ಕೆ ಸೇಂಟ್ ಎಲ್ಮೋಸ್ ಜ್ವಾಲೆ (St. Elmo's fire) ಎಂದು ಹೆಸರಿತ್ತು. ಅದನ್ನು ಒಂದು ಕೆಟ್ಟ ಶಕುನವೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆ ಇದೆ. ಬಿರುಗಾಳಿ-ಮಳೆ ಸುರಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಮುಂಚೆ ಇಂತಹ ಒಂದು ಜ್ವಲನೆ ಕಾಣಬರುವುದು ಸಾಧ್ಯ.

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ನಡೆದ ಒಂದು ಘಟನೆಯಿಂದ ನಾವು ಒಂದು ನೈತಿಕ ಪಾಠವನ್ನು ಕಲಿಯಬಹುದು. ಇಬ್ಬರು ಹವ್ಯಾಸಿ ಸಂಶೋಧಕರು – ಶ್ರೀ ಮತ್ತು ಶ್ರೀಮತಿ

ಕಿರ್ಲಿಯನ್-ಈ ಮುಂದಿನ ವಿಷಯದ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ ಹಲವು ವರ್ಷಗಳನ್ನು ಕಳೆದಿದ್ದರು. ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನು ಉಚ್ಚ-ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸರಬರಾಜು ನೆಲೆಯ ಒಂದು ಕೊನೆಗೆ ಸೇರಿಸಿರುವ ಕೈಯನ್ನು ಅದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥದ ಮತ್ತೊಂದು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಪದರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಪೊರೆ ಮೇಲೆ ಇಡುತ್ತಾನೆ. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದಾಗ, ಪೊರೆಯ ಮೇಲೆ ಅಂಗೈ ಮತ್ತು ಬೆರಳುಗಳ ಮಸುಕು ಮಸುಕಾದ ಒಂದು ಬಿಂಬವು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಬಿಂಬವು ಪರಿವೇಷ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯಿಂದ ಉಂಟಾದುದು. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ವಸ್ತುವಿನ ಕಿಡಿಭಂಗಕ್ಕೆ ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವಷ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರಬೇಕು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಪ್ಯಾರಾಸೈಕಾಲಜಿ (parapsychology) ಎಂಬ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತಜ್ಞರ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆದವು. ಈ ಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಬಹುಮಂದಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೂ ಮತ್ತು ಮನಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರೂ ಒಂದು ಆಭಾಸ-ವಿಜ್ಞಾನವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗೆ ಗಮನ ಸೆಳೆದುದರ ಕಾರಣ ಕಿರ್ಲಿಯನ್ ದಂಪತಿಗಳೂ ಮತ್ತು ಅವರ ಅನುಯಾಯಿಗಳೂ ತಮಗೆ ದೊರೆತ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳಿಗೂ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಅಧೀನಪಟ್ಟ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಭೌತಾತೀತ ಮಾನಸಿಕ ಸ್ಥಿತಿಗೂ ಸಂಬಂಧಕಲ್ಪಿಸಲು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯತ್ನ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಅಷ್ಟು ವ್ಯಾಪಕವಾದ ಬಹಿರಂಗ ಪ್ರಕಟಣೆ ದೊರೆತುದುದರ ಫಲವಾಗಿ ಅಮೆರಿಕದ ವಿವಿಧ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮತ್ತು ಮನಶ್ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರ ಗುಂಪು ಒಂದು ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ತಾಳೆ ನೋಡಲು ನಿಶ್ಚಯಿಸಿತು. ಒಂದೇ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ತೆಗೆದಾಗ ದೊರಕಿದ ಚಿತ್ರದ ಚಹರೆಯು ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದೆಂಬ ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾದ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಇನ್ನೂ ಸರಳರೂಪದ ವಿವರಣೆಗಾಗಿ ಪರಿಶೋಧಿಸಿದರು.

ಸಂಶೋಧಕರು ಈ ಮುಂದಿದ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬಂದರು : "ಕಿರ್ಲಿಯನ್ ವಿಧಾನದಿಂದ ದೊರಕುವ ಛಾಯಾಗ್ರಹಣ ಬಿಂಬಗಳು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ದ್ಯುತಿಗೆ ಒಡ್ಡಲಾಗಿದ್ದ ಅವಧಿಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸಿದ ಪರಿವೇಷ ವಿಸರ್ಜನಾಕ್ರಿಯೆಯ ಒಂದು ಮುದ್ರಿಕೆ.

ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಪೊರೆಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತಿರುವ ಒಬ್ಬ ಜೀವಂತ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಪರಿವೇಷದ ಬಿಂಬಗಳಲ್ಲಿನ ಬಹುಮಟ್ಟಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಅಥವಾ ಒಳಗೆ ಆರ್ದ್ರತೆ ಇರುವುದರ ಕಾರಣದಿಂದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು. ದ್ಯುತಿಗೆ ಒಡ್ಡಿದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಆರ್ದ್ರತೆಯು ವ್ಯಕ್ತಿಯಿಂದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಪೊರೆಯ ಮೇಲಿನ ಹಾಲಿನಂತಹ ದ್ರವಕ್ಕೆ (ಪಾಯಸ emulsion) ಒಯ್ಯಲ್ಪಡುವುದು ಮತ್ತು ಪೊರೆ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಆಕೃತಿರೂಪವನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡಿಸಿ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವುಂಟುಮಾಡುವುದು."

ಸಂಶೋಧಕರು ಈ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನಕ್ಕೆ "ಪರಿವೇಷ–ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಸರ್ಜನೆ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ" ಎಂಬ ಹೆಸರುಕೊಟ್ಟು, ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಉಪಯೋಗವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರು : "ಸಚೇತನ ಮತ್ತು ಅಚೇತನ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿನ ಆರ್ದ್ರತೆಯನ್ನು, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಟ್ಟಗಳ ಆರ್ದ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಬಿಂಬವನ್ನು ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಹದಗೊಳಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಮತ್ತು ಪರಿಮಾಣಿಸುವುದಕ್ಕೆ."

ಸೈಂಟಿಫಿಕ್ ಅಮೆರಿಕನ್ (Scientific American) ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕದ ಮಾಸ ಪತ್ರಿಕೆಯ ಡಿಸೆಂಬರ್ 1976ರ ಸಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿ "ಬೆವರುವ ಅಂಗೈಗಳು" ಎಂಬ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾದ ಈ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ವಿಷಯವು ನಮ್ಮನ್ನು ಎರಡು ನಿರ್ಧಾರಗಳಿಗೆ ಒಯ್ಯುತ್ತದೆ. ಮೊದಲಿಗೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದ ಯಾವ ವಿದ್ಯಮಾನವೇ ಆದರೂ ಅದಕ್ಕೆ ಗಮನಕೊಡುವುದು ಸೂಕ್ತ ಮತ್ತು ಅದು ವ್ಯಾವಹಾರಿಕ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರಬಹುದು. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಒಬ್ಬ ಸಂಶೋಧಕನು ಒಂದು ಹೊಸ ವಿಷಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಾಗ, ಇಂದಿನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಭಾವನೆಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೋಂದದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅದಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವ ಚಪಲಕ್ಕೆ ತುತ್ತಾಗಬಾರದು. ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟ ವಿಷಯವನ್ನು ಬಹಿರಂಗಪಡಿಸಿ ಈ ಹೊಸ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಈಗ ಉಪಲಬ್ಧವಾಗಿರುವ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಗಳಿಂದ ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆ ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಮೇಲೆಯೇ ಪ್ರವೀಣರ ತೀರ್ಪಿಗೆ ಒಪ್ಪಿಸಬೇಕು.

ತಪ್ಪಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟು ವಿವರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಾಸ್ತವಿಕ ವಿಷಯಗಳನ್ನು (ಒಂದು ಹಳೆಯ ಗೇಲಿಮಾತಿನಂತೆ) ಜಿರಲೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯ

ಬಹುದು. ಈ ಗೇಲಿ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಮೇಜಿನ ಮೇಲೆ, ಕಾಲುಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಕಿತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಜಿರಲೆಯನ್ನು, ಕಾಲುಗಳೆಲ್ಲಾ ಇರುವ ಇನ್ನೊಂದು ಜಿರಲೆಯ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗುವುದು. ಆಮೇಲೆ "ಸಂಶೋಧಕನು" ಮೇಜಿನ ಮೇಲೆ ತಟ್ಟುತ್ತಾನೆ. ಕಾಲುಗಳು ಇರುವ ಜಿರಲೆ ಓಡಿಹೋಗುತ್ತದೆ, "ಕುಂಟು" ಜಿರಲೆ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. "ಸಂಶೋಧಕನು" ಜಿರಲೆಯು ತನ್ನ ಕಾಲುಗಳ ಮೂಲಕ ಶಬ್ದವನ್ನು ಕೇಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾನೆ.

ಪ್ರತಿವರ್ಷವೂ ಇಂತಹ "ಜಿರಲೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು" ವರ್ಣಿಸುವ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತಲೇ ಇವೆ. ನಮ್ಮ ವಾಚಕರಿಗೆ ಇಂತಹ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮುನ್ನೆಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಡುವುದು ಒಳ್ಳೆಯ ಕಾರ್ಯನೀತಿ ಎಂದು ನಾನು ಭಾವಿಸಿರುವೆನು.

ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಯ ದ್ರವ್ಯ

ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಸ್ಥಿತಿ (Plasmenzustand) ಎಂಬ ಪದವನ್ನು 1939ರಷ್ಟು ಹಿಂದೆಯೇ ಇಬ್ಬರು ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮುಂದಿಟ್ಟಿದ್ದರು. ಇವರ ಲೇಖನವನ್ನು ಈ ಗ್ರಂಥಕರ್ತನು Advances in Physical Sciences (**ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಗಳಲ್ಲಿನ ಮುನ್ನಡೆಗಳು**) ಎಂಬ ಸೋವಿಯೆತ್ ಪತ್ರಿಕೆಗಾಗಿ ರಷ್ಯನ್ ಭಾಷೆಗೆ ಭಾಷಾಂತರಿಸಿದನು. ಈ ಹೆಸರು ಉಚಿತವಾಗಿ ತೋರುವುದು. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ಪ್ಲಾಸ್ಮವು ಘನ ಪದಾರ್ಥವೂ ಅಲ್ಲ, ದ್ರವವೂ ಅಲ್ಲ, ಅನಿಲವೂ ಅಲ್ಲ. ಅದು ದ್ರವ್ಯದ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸ್ಥಿತಿ.

ಅನಿಲಗಳ ತಾಪೀಯ ಅಯಾನೀಕರಣ, ಅಂದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಅವುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಹಾಕುವುದು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯ ಅಣುಗಳನ್ನು ಅಯಾನುಗಳಾಗಿ ವಿಘಟಿಸುವುದು, 5 ಅಥವಾ 6 ಸಾವಿರ ಡಿಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಮೀರಿದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಆರಂಭವಾಗುವುದು. ಹಾಗಾದರೆ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವುದು ಉಪಯುಕ್ತವೇ ? ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಪದಾರ್ಥ ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ.

ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಉಪಯುಕ್ತವೇ ! ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನಂತಹ ಅನೇಕ

ಕಾಯಗಳು ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿವೆ. ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಒಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತವು ಅಯಾನ ಮಂಡಲ (ionosphere). ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಆಕಾರದ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಗಳಿಂದ, ಇದನ್ನು ಕಾಂತೀಯ ಸೀಸೆಗಳು (magnetic bottles) ಎಂದು ಹೇಳುವರು, ಪ್ರಯೋಗಶಾಲಾ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಮಿತವಾದ ಒಂದು ಗಾತ್ರದೊಳಗೆ ಇರುವ ಹಾಗೆ ಬಂಧಿಸಿಡಬಹುದು. ಇದಲ್ಲದೆ ಒಂದು ಅನಿಲ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ವಿಚಾರವಾಗಿಯೂ ಹೇಳಬಹುದು.

ಒಂದು ಅನಿಲದ ಅಯಾನೀಕರಣದ ಮಟ್ಟವು ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶ ಇವು ಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಸುಮಾರು 1 ಮಿ.ಮೀ. ಪಾದರಸ ಸ್ತಂಭದ ಒತ್ತಡ ದಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕವು 30 ಸಾವಿರ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಾಗಿ ಅಯಾನೀಕೃತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ 20 ಸಾವಿರ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳಿಗೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯ ಪರಮಾಣು ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ.

ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಜಲಜನಕವು ಸಿಕ್ಕಾಬಟ್ಟೆ ಚಲಿಸುತ್ತಲೂ ಮತ್ತು ಢಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಎರಡು ಅನಿಲಗಳ ಕಣಗಳ ಮಿಶ್ರಣವಾಗಿರುವುದು: ಪ್ರೋಟಾನ್ 'ಅನಿಲ' ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ 'ಅನಿಲ'. ಇತರ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮವು ಅನೇಕ "ಅನಿಲ"ಗಳ ಮಿಶ್ರಣ. ಇಂತಹ ಪ್ಲಾಸ್ಮದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಅನಾವೃತ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು, ವಿವಿಧ ಅಯಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯ ಕಣಗಳು, ಇರುವುದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುವೆವು.

ಹತ್ತಾರು ಅಥವಾ ನೂರಾರು ಸಾವಿರ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವುಳ್ಳ ಪ್ಲಾಸ್ಮ ವನ್ನು ತಣ್ಣಗೆ ಇರುವುದೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗುವುದು. ಬಿಸಿಯಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮವು ಹಲವು ಲಕ್ಷ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು.

ಆದರೂ, ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಭಾವನೆಯ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ನಾವು ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಯಿಂದಿರಬೇಕು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಣಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಮಾತ್ರ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುವುದು ಎಂಬುದು ವಾಚಕನಿಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ. ಹಗುರ ಮತ್ತು ಭಾರ ವಾದ ಕಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ, ಭಾರವಾದ ಮತ್ತು ಹಗುರವಾದ ಕಣಗಳು ಒಂದೇ ಆದ ಸರಾಸರಿ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸಂಪಾದಿಸಿದ ಮೇಲೆಯೇ

ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲಪರ್ಯಂತ ಭದ್ರ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಉಳಿದಿರುವ ಒಂದು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಭಾರವಾದ ಕಣಗಳು ನಿಧಾನ ವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಹಗುರವಾದ ಕಣಗಳು ತೀವ್ರಗತಿಯಿಂದಲೂ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡುವುದಕ್ಕೆ ಹಿಡಿಯುವ ಕಾಲವು "ಆರಂಭ ಕಾಲದಲ್ಲಿ" ಏನಿದ್ದಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇತರ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು ಸಮವಾಗಿದ್ದು, ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ನಡುವಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡು ವುದಕ್ಕೆ ಹಿಡಿಯುವ ಕಾಲವು ಅಷ್ಟೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು.

ಪ್ಲಾಸ್ಮದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು ನಿಖರವಾಗಿ ಇವುಗಳೇ. ಅತ್ಯಂತ ಹಗುರ ವಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು ಎರಡು ಸಾವಿರಪಟ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಢಿಕ್ಕಿ ಯಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಯ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಭಾಗವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಅಯಾನಿಗೆ ತಲಪಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ, ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳ ಸರಾಸರಿ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗಳು ಸಮವಾಗುವುದು ಅಗಾಧ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಆಘಾತ ಗಳು ಸಂಭವಿಸಿದ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ. ಇಂತಹ ಪ್ಲಾಸ್ಮಕ್ಕೆ ಸಮೋಷ್ಣತೆಯದು ಎಂದು (isothermal) ಹೆಸರು. ಇದು ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಒಳಪ್ರದೇಶ ದಲ್ಲಿರುವಂತಹದ್ದು. ಒಂದು ಬಿಸಿಯಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮದಲ್ಲಿ ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತಲಪು ವುದಕ್ಕೆ ಹಿಡಿಯುವ ಕಾಲವು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನ ಹಲವು ಪಾಲುಗಳಿಂದ ಹಲವಾರು ಸೆಕೆಂಡುಗಳವರೆಗೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವುದು.

ಒಂದು ಅನಿಲ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯಲ್ಲಿನ (ಕಿಡಿ, ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪ, ಇತ್ಯಾದಿ) ಪ್ಲಾಸ್ಮವು ಬೇರೆ ರೀತಿಯದು. ಇಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ಸಿಕ್ಕಾಬಟ್ಟೆ ಚಲಿಸುವುದಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೂ ಉಂಟುಮಾಡುವುವು. ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ಅವುಗಳ ಪಥದಲ್ಲಿ, ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ತಕ್ಕಮಟ್ಟಿನ ಭಾಗವನ್ನು ಮಂದಗತಿಯ ಅಯಾನುಗಳಿಗೆ ತಲಪಿಸುವ ಅವಕಾಶವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಅನಿಲ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯಲ್ಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸರಾಸರಿ ವೇಗವು ಅಯಾನುಗಳದಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಕ್ಕೆ ಇದೇ ಕಾರಣ.

ಇಂತಹ ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು **ಅಸಮೋಷ್ಣತೆಯದು** (nonisothermal) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು ಮತ್ತು ಇದರ ನಿರ್ದೇಶನಕ್ಕೆ ಎರಡು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು (ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯ ಕಣಗಳನ್ನೂ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಮೂರೂ ಕೂಡ) ಬೇಕಾಗುವುದು. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅಯಾನು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ತುಂಬವೇ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪ ವಿಸರ್ಜನೆಯಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 10 ರಿಂದ 100 ಸಾವಿರ ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟಿರುವುದು, ಅಯಾನು ಉಷ್ಣಾಂಶವಾದರೋ 1000 ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವುದು.

ಪ್ಲಾಸ್ಮದಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಅನಿಲಗಳ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದಲೇ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. ಕಣಗಳ ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ದೂರ, ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರತೆಯ ಕಾಲ ಮತ್ತು ವಿವಿಧ ಜಾತಿಯ ಕಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳು ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ನೇರವಾಗಿ ಆಗಲಿ ಪರೋಕ್ಷವಾಗಿ ಆಗಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಒಂದು ಅಂದಾಜನ್ನು ನೀಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಅಧಿಕ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಜಲಜನಕದ ಪ್ಲಾಸ್ಮದ (ಪ್ರತಿ ಘನ ಮೀಟರಿಗೆ 10^{20} ಅಯಾನುಗಳು) ಹಲವು ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತೇವೆ. ಒಂದು ತಂಪಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮದಲ್ಲಿ (10 000 °C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ) ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ದೂರವು 0.03 ಸೆಂ.ಮೀ. ಮತ್ತು ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರತೆಯ ಕಾಲವು 4×10^{-10} ಸೆ ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಅದೇ ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು ಹತ್ತು ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿಗಳಿಗೆ ಶಾಖಪಡಿಸಿದರೆ, ಆ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ 3×10^{6} ಸೆಂ.ಮೀ. ಮತ್ತು 4×10^{-4} ಸೆ. ಆಗುವುವು.

ಈ ವಿಧದ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಉದಾಹರಿಸುವಾಗ, ಜೊತೆಗೆ ನಾವು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುವ ಆಘಾತಗಳೆಂತಹವು ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಬೇಕು. ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ದತ್ತಾಂಶಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಅಯಾನುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದವು.

ಅನೇಕ ಕಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶವು ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರು

ತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಆದರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಕುತೂಹಲವಿರಬಹುದು. ಕ್ಷೇತ್ರವು ಬಹಳ ವೇಗವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ತೀವ್ರವಾಗಿಯೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ ಏಕೆಂದರೆ ಅಯಾನುಗಳೂ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೂ ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದು ಆ ಬಿಂದುವಿನ ಅತ್ತಿತ್ತ ನುಗ್ಗುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳ ಕ್ಷಿಪ್ರತೆಯನ್ನೂ ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸರಾಸರಿ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನೂ ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯತೆಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪ್ಲಾಸ್ಮವು ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಪಾಲಿಸುತ್ತದೆ. ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ನಾವು "ಅರ್ಧ–ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯತೆ" ಅಂದರೆ ಬಹುಮಟ್ಟಿನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯತೆ – ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಹಾಗಾದರೆ ಹೀಗೆ "ಬಹುಮಟ್ಟಿನ" ಎಂಬುದರ ಅರ್ಥವೇನು ?

ಸರಳವಾದ ಗಣನೆಗಳಿಂದ ಹೀಗೆ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಸ್ಮದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನ ಒಂದು ಉದ್ದವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿರಿ. ಈ ಉದ್ದದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಅಯಾನುಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ. ಅರ್ಧ–ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯತೆ ಎಂದರೆ ಈ ಎರಡು ಸಾಂದ್ರತೆಗಳೂ "ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ" ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು. ಈಗ, ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿ ಧನ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯಪಡಿಸದೆ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು "ಹೆಚ್ಚುವರಿ" ಮೊತ್ತವು ಇರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಹೀಗಾಗಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ಕಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿನ ವಾಯುವಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಗೆ ಸಮವಾಗಿದ್ದರೆ, 1000 ವೊ/ಸೆಂ.ಮೀ. ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವು ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವುದು. ಅಯಾನು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಒಂದು ಪ್ರತಿ ಶತದಲ್ಲಿ ನೂರು ಕೋಟಿಯ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಇದ್ದರೂ ಇದು ಆಗುವುದು. ಇಲ್ಲಿ "ಬಹುಮಟ್ಟಿನ" ಅನ್ನುವುದರ ಅರ್ಥ ಇದೇ ತಾನೆ.

ಆದರೆ, ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಸಮತ್ವದ ಗಣನೆಗೆ ಬಾರದ ಇಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ.

ಏರ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅಧಿಕವಾಗಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳನ್ನೂ ಬಹಿಷ್ಕರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ವಯಂ–ಚೋದನ ಕಾರ್ಯವು ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನ ಒಂದು ಸಾವಿರದಲ್ಲಿ ಹಲವು ಭಾಗಗಳ ಆಳತೆಯ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಆಗಲೇ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವುದು.

ಪುಸ್ತಕ 4ರಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಸೀಸೆಗಳಲ್ಲಿನ ಪ್ಲಾಸ್ಮದ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಪುನಃ ಬರುತ್ತೇವೆ. (ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ) ಟೋಕೋಮಾಕ್ (Tokomak) ತರಹದ ಕೇಂದ್ರಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ವರದಿಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಪ್ರಾಯಶಃ ವಿವರಣೆಗಳನ್ನೂ ವಾಚಕನು ನೋಡಿರಲೇಬೇಕು. ಅವುಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸಿ ಪರಿಷ್ಕರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ದೊಡ್ಡ ಸೈನ್ಯವೇ ಶ್ರಮಿಸುತ್ತಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯಾಂಶವೇನೆಂದರೆ ಒಂದು ಅಧಿಕ–ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿ ಅದನ್ನು ಸರಿಯಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಹಿಸಿದರೆ, ಹಗುರವಾದ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ನಿಯಂತ್ರಿತ ಸಂಯೋಜನೆ ಏರ್ಪಡುವುದು, ಇದರ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದು. ಈ ಕಾರ್ಯಗತಿಯನ್ನು (ಅನಿಯಂತ್ರಿತ ಸಂಯೋಜನೆ) ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬಾಂಬುಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಒಂದು ಪರಮಾಣುಬೀಜ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿ ಯಂತ್ರ (nuclear reactor)ದಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಿದಂತಹ ಒಂದು ಸರಪಳಿ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು (chain reaction) ಆಗಗೊಡುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶವುಳ್ಳ ಮತ್ತು ಸಾಕಷ್ಟು ದೀರ್ಘ ಕಾಲಾವಧಿಯುಳ್ಳ ಪ್ಲಾಸ್ಮವನ್ನು ರಚಿಸಲಾಗುವುದೇ ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಇನ್ನೂ ಉತ್ತರ ದೊರಕಿಲ್ಲ.

ಲೋಹಗಳು

ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪಂಗಡಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸುವುದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನಶೀಲತೆಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿರುವುದು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಪ್ರವಾಹ. ಅಯಾನುಗಳ ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಹರಿವುಗಳ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ವ್ಯವಹರಿಸುವಾಗ, ನಾವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೇ ಚಿತ್ರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ದ್ರವಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವಾಗಲೂ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ, ಏಕೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ಮೇಲೆ ದ್ರವ್ಯವು ಸಂಚಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಸಾಗಣೆಗೆ ಸಂದರ್ಭ ಸಾಕ್ಷ್ಯ (circumstantial evidence) ಮಾತ್ರ ಇರುವುದು.

ಈ ಮುಂದಿನ ನಿರೂಪಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶ ಕೊಡುವ ಹಲವು ವಿಷಯಗಳು ಲಭ್ಯವಾಗಿವೆ. ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟವು ಸಂಭವಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಏರ್ಪಡುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲದಿಂದ ಒದಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಯಿಂದಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲವು ಘನ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನೆಲೆಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವು ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಗಳಿಗಾದರೂ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, 20 ಮತ್ತು 31ರ ಪುಟಗಳಲ್ಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿ, ಘನ ಪದಾರ್ಥಕ್ಕೆ ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮವನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು :

$$j = \sigma E$$

ಇದರಲ್ಲಿ $\sigma = 1/\rho$ ಎಂಬುದನ್ನು **ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕತ್ವ** ಎಂದು ಹೇಳುವರು.

ಒಂದು ಘನ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಬಂಧಿತ ಮತ್ತು ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಬಂಧಿತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಸೇರಿದವು; ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದು ವಿಧದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅನಿಲ ಆಗುವುವು. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಘನ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಳದಿಂದ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುವು. ಘನ ಪದಾರ್ಥಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಿಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವುವು. ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಗೆ ಅಡಚಣೆಯುಂಟಾದಷ್ಟೂ, ಅವುಗಳು ತಮ್ಮ ತಮ್ಮೊಡನೆಯೂ ಮತ್ತು ಸ್ಥಿರ ಪರಮಾಣುಗಳೊಡನೆಯೂ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡಿಯುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಕಾಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧವು ಹೆಚ್ಚುವುದು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕದಲ್ಲಿನ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಅಥವಾ ಒಂದು ಅಣುವಿಗೆ ಸೇರಿದವುಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಗಣನೀಯವಲ್ಲ.

ಒಂದು ಲೋಹದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಪರಮಾಣುವೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ಅಥವಾ ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ದಾನ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅನಿಲವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವಾಹಕವಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಬಹಳ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಸನ್ನಿಕಟವಾಗಿರುವ ಮಾದರಿಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಅಂದಾಜುಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಸರಿನೋಡಬಹುದು.

ಒಂದು ಆಣವಿಕ ಅನಿಲವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಿದಾಗ ಮಾಡಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೂ ಡಿಕ್ಕಿಗಳಿಲ್ಲದೆ l ಉದ್ದದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಒಂದು ಲೋಹದ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವು ಹಲವು ಆಂಗ್‌ಸ್ಟ್ರಾಮ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ದೂರದ ಪರಿಮಾಣ ಕೋಟಿಯು (ಪರಿಮಾಣದ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಮೌಲ್ಯವು) 10 Å, ಅಂದರೆ 10^{-7} ಸೆಂ.ಮೀ.ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಸಮಂಜಸವಾಗಿರುವುದು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು, ತನ್ನ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ, l/v ಕಾಲದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ eE ಅಷ್ಟು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಬಲಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ, ಇಲ್ಲಿ v ಎಂಬುದು ವೇಗ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ವೇಗವನ್ನು ತಾಪಾಯನಿಕ ವಿಸರ್ಜನೆಯ (ತಾಪೀಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್) ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ದೊರಕಿದ ಅಂಶಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಅಂದಾಜು ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ವೇಗವು ಸುಮಾರು 10^8 ಸೆಂ.ಮಿ/ಸೆ. ಇರುವುದು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯ ವೇಗವನ್ನು, ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಚಲನೆಯ ವೇಗವನ್ನು, ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾದರೆ, eE/m ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರತೆಯ ಕಾಲಾವಧಿಯಿಂದ ಗುಣಿಸಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಆಘಾತವೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ಮುಕ್ತಾಯ

ಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ ಅದು ಪುನಃ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಎಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಗುಣಾಕಾರಮಾಡಿದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗವು ಲಭಿಸುತ್ತದೆ :

$$u = \frac{eEl}{mv}$$

ಈಗ, ಒಂದು ಲೋಹದ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧಕತ್ವವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರವನ್ನು ಸಾಧಿಸೋಣ. ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಪರಿಮಾಣದ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಮೌಲ್ಯವು ಲಬ್ಧವಾದರೆ, ನಮ್ಮ ಮಾದರಿಯು "ಕಾರ್ಯತಃ ಸಮರ್ಪಕ" ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆ j ಎಂಬುದನ್ನು ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆ(ಮಂದ ಗತಿ)ಯ ವೇಗ, ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧವಾಗಿ ಬರೆಯಬಹುದು ಎಂದು ತೋರಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ವಾಚಕರಿಗೆ ಬಿಟ್ಟಿದ್ದೇವೆ. ಹೀಗಾಗಿ $j = neu$. ಮಂದಗತಿಯ ವೇಗವನ್ನು ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಆದೇಶಮಾಡಿದರೆ $j = \frac{ne^2 l}{mv} E$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕತ್ವವು,

$$\sigma = \frac{ne^2 l}{mv}$$ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಮಾಣುವೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಆಗ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ಸುಮಾರು 10^{-5} ಓಮ್-ಮೀ. ಪರಿಮಾಣದ ನಿರೋಧಕತ್ವವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. ಇದು ಬಹಳ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಮೌಲ್ಯವೇ ! ಇದು ನಮ್ಮ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಸರಿಸುಮಾರಾಗಿರುವ ಮಾದರಿಯ ಸಮಂಜಸತೆಯನ್ನೇ ಅಲ್ಲದೆ ನಮ್ಮ "ಸಿದ್ಧಾಂತ"ದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕಗಳ ಆಯ್ಕೆಯ ಔಚಿತ್ಯವನ್ನೂ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಸಿದ್ಧಾಂತ ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ನಾನು ಉದ್ಧರಣ ಚಿಹ್ನೆಗಳೊಳಗೆ

ಇಟ್ಟಿದೇನೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಇದು ಬಹಳ ಸ್ಥೂಲವಾದ ಮತ್ತು ಸರಳವಾದ ಸನ್ನಿಕಟತೆಯಾದುದರಿಂದ ಮಾತ್ರ. ಹಾಗಾದರೂ, ಸಂಭವಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಆದರ್ಶರೂಪದ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತವು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.

ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅನಿಲ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ಇಳಿತದ ಜೊತೆಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧವೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗಬೇಕು. ಆದರೆ ಆತುರಪಟ್ಟು ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಚಲನೆಯ ವೇಗದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದೊಡನೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸಲು ಹೋಗಬೇಡಿ. ಈ ವಿಷಯಕ್ಕೂ ಈ ವೇಗಕ್ಕೂ ಏನೂ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು ಬಹಳ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಮಾತ್ರ. ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಆಂದೋಲನ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದೇ ಕಾರಣ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸರಾಸರಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯ ದೂರವು ಹೆಚ್ಚುವುದು.

ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಬೇರೆ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು : ಪರಮಾಣುಗಳ ಆಂದೋಲನ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಾದಾಗ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಚದರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವೇಗದ ಘಟಕವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು, ಅಂದರೆ ಪ್ರತಿರೋಧವು ಹೆಚ್ಚಾಗಬೇಕು.

ಒಂದು ಲೋಹದಲ್ಲಿ (ಲೋಹದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲ) ಏನಾದರೂ ಅಶುದ್ಧತೆಯು ಮಿಶ್ರಣವಾಗಿದ್ದರೆ, ಲೋಹದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧವು ಹೆಚ್ಚುವುದೆಂಬ ಸಂಗತಿಗೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚದರಿಕೆಯು ವಿವರಣೆ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಅಶುದ್ಧತೆಯು ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಹರಳಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿನ ನ್ಯೂನತೆಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆಯಾದ್ದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚದರಿಕೆಗೆ ಸಹಾಯ ನೀಡುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಶಕ್ತಿಯು ತಂತಿಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುದೆಂಬುದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ. ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧದಿಂದಾಗಿ, ತಂತಿಗಳು ಪ್ರವಾಹದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ವಿಧದ ಶಕ್ತಿಯ ನಷ್ಟ

ಗಳು ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದವುಗಳಾಗಿರುವುವು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದು ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅತಿ ಮುಖ್ಯ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು.

ಅತಿವಾಹಕತ್ವ (superconductivity) ಎಂಬ ಅಸಾಧಾರಣ ಸಂಗತಿಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸುವ ಆಶೆಯಿದೆ.

1911ರಲ್ಲಿ ಹೈಕೆ ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ನೆಸ್ (1853-1926) ಎಂಬ ಡಚ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪರಮ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವು ಕಾಯ ಗಳು ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಹತ್ತಿರ ಹತ್ತಿರ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಏಕಾಏಕಿ ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಒಂದು ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಅತಿ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದರೆ, ಅದು ಹಲವಾರು ದಿನಗಳು ಕ್ಷೀಣಿಸದೆ ಹರಿಯುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಶುದ್ಧವಾದ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ, ಅತಿವಾಹಕತ್ವ ಗುಣಗಳು ಕಂಡುಬರುವ ಅತ್ಯುಚ್ಚಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸುಮಾರು 9 K, ಈ ಲೋಹಗಳು ಯಾವುವೆಂದರೆ ನಿಯೋಬಿಯಂ (8.9 K) ಮತ್ತು ಟೆಕ್ನಿಷಿಯಂ (9.3 K). ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಗುಣ ವನ್ನು ಪಡೆಯುವಂತಹ ಅತಿವಾಹಕತ್ವಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಒಂದು ಸೈನ್ಯವೇ ತೊಡಗಿದೆಯೆಂದು ಬೇರೆ ಹೇಳಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಇದುವರೆಗೂ ಅವರು ಹೆಚ್ಚು ಜಯಶೀಲರಾಗಿಲ್ಲ; ಆದರೂ ಸುಮಾರು 20 K ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅತಿ ವಾಹಕವಾಗುವುದೆಂದು ಹೇಳಲಾದ ಒಂದು ಮಿಶ್ರಲೋಹವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ.

ಈ ಮಿತಿಯನ್ನು (ಪ್ರಾಯಶಃ ಕೊಠಡಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆಗೂ) ಹೆಚ್ಚಿಸ ಬಹುದು ಎಂದು ನಂಬಲು ಆಧಾರಗಳಿವೆ. ಈ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಪಾಲಿಮರ್ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧಕ ಪದಾರ್ಥವೂ ಲೋಹವೂ ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಜೋಡಿಸಿರುವ ಪದರ ಪದರವಾದ ಸಂಕೀರ್ಣ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿದೆ. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯು ಬೆಲೆಯನ್ನು ಎಷ್ಟೇ ಹೇಳಿದರೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆಧುನಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬಹುಮುಖ್ಯ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಒಂದು ಎಂದು ಹೇಳುವ ಸಾಹಸ ಮಾಡಿದ್ದೇನೆ.

ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಗುಣವನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಅತಿವಾಹಕಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ಒಂದು ತಾತ್ವಿಕ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದ ಮೇಲೆ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಿತು. ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಸಿಕ್ಕುವ ಹೊಸ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಈ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಯು ಸೂಚಿಸಿತು.

ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವಿಕೆಗೂ ಮತ್ತು ಅದರ ವಿವರಣೆಯ ಕಲ್ಪನೆಗೂ ಮಧ್ಯೆ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಕಳೆಯಿತು ಎನ್ನುವುದು ಒಂದು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ. ಸಿದ್ಧಾಂತವು 1957ರಲ್ಲಿ ರೂಪುಗೊಂಡಿತು. ಅತಿವಾಹಕತ್ವದ ತಾತ್ವಿಕ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯಮಗಳು 1926ರಲ್ಲೇ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದವು, ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಗಮನಸೆಳೆಯುವುದು ಸೂಕ್ತ. ಇದರಿಂದ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದ ವಿವರಣೆಯು ಸರಳರೂಪದ್ದಲ್ಲವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ, ನಾನು ಈ ಕಥೆಯ ಮಧ್ಯ ಭಾಗದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಬಹುದು. ಪರಮಾಣವಿಕ ಜಾಲಕಗಳ ಆಂದೋಲನಗಳು ನಿಧಾನವಾದಾಗ, ಹಲವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು "ಜೋಡಿಯಾಗುತ್ತವೆ". ಇಂತಹ ಒಂದು "ಜೋಡಿ"ಯು ಪರಸ್ಪರ ಸಮನ್ವಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಜೋಡಿಯು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಚದರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಾಗ (ಈ ಚದರಿಕೆಯು, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧಕ್ಕೆ ಕಾರಣ) ಜೋಡಿಯಲ್ಲಿನ ಎರಡರಲ್ಲಿ ಒಂದರ ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಹಿನ್ನೆಗೆತವು ಅದರ "ಸ್ನೇಹಿತ"ನ ವರ್ತನೆಯಿಂದ ಸಮತೂಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮತೂಕವು ಆಗುವುದು ಹೇಗೆಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜೋಡಿಯ ಒಟ್ಟು ಆವೇಗವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚದರಿಕೆಯು ನಾಶವಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಅದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಸಾಗಣೆಯ ಮೇಲೆ ಏನೂ ಪರಿಣಾಮ ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಅತಿವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲದೆ, ಸಾಧಾರಣ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಅನಿಲವೂ ಇರುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ, ಎರಡು ಪ್ರವಾಹಿಗಳು ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಇರುವುದಾಗಿ ತೋರುವುದು : ಒಂದು ಸಾಧಾರಣ, ಮತ್ತೊಂದು ಅತಿವಾಹಕ. ಅತಿವಾಹಕದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಪರಮ ಶೂನ್ಯದಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ

ಹೋದರೆ, ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜೋಡಿಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಸಾಧಾರಣ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅನಿಲದ ಪ್ರತಿಶತಮೌಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಕೊನೆಗೆ, ಅವಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಜೋಡಿಯಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಲ್ಲಾ ಮರೆಯಾಗುತ್ತವೆ.

2ನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ದ್ರವರೂಪದ ಹೀಲಿಯಂನಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಅತಿತರಲತೆಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ಸಾಧಾರಣ ಪ್ರವಾಹಿ, ಮತ್ತೊಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಪ್ರವಾಹಿಗಳಿಂದಾದ ಎರಡು-ಪ್ರವಾಹಿ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡೆವು. ಈ ಎರಡು ಸಂಗತಿಗಳಿಗೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿದೆ : ಅತಿವಾಹಕತ್ವವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪ್ರವಾಹಿಯ ಅತಿತರಲತೆ.

ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತಹ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಜೋಡಿಯ ಒಟ್ಟು ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆಯು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಒಂದು ಪೂರ್ಣಾಂಕಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆಯುಳ್ಳ (ಅಂದರೆ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆಯುಳ್ಳ) ಕಣಗಳಿಗೆ **ಬೋಸಾನ್**‌ಗಳು ಎಂದು ಹೆಸರು. ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಒಂದೇ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೋಸಾನ್‌ಗಳು ನೆಲಸಿರ ಬಹುದು. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಚಲನೆಗಳು ಆದರ್ಶ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸುಸಂಘಟಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವಿಕ್ಷೇಪಗಳನ್ನು ಯಾವುದೂ ಅಡ್ಡಿ ಮಾಡಲಾರದು. 4ನೇ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಈ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಪುನಃ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತೇವೆ.

ಲೋಹಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆ

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗವು ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಣಗಳ ಅನಿಲ ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆಯಾಗಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದು ಲೋಹದ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಹೊರಸೂಸಬಲ್ಲವು ಎಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವೇ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಲೋಹ ವನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬಿಟ್ಟುಹೋಗಬೇಕಾದರೆ, ಅದು ಧನ ಅಯಾನುಗಳ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳನ್ನು ಗೆಲ್ಲಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಗೆ **ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಫಲನ** (work function) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಲೋಹದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಲೋಹವನ್ನು ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುವಷ್ಟು ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಗಣನೀಯ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅದರಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗಬಲ್ಲವು.

ತಾಪೀಯ ವಿಸರ್ಜನೆ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾದ ಲೋಹದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಉಚ್ಚಾಟನೆಯನ್ನು ಸರಳವಾದ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂಲಕ ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ದೀಪದ ಬುರುಡೆಯೊಳಗೆ ಇನ್ನೂ ಒಂದು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವವನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಮೊಹರುಮಾಡಿದೆ. ಈ ಹೊಸ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವ "ಆವಿಯಾಗುತ್ತಿರುವ" ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಭಾಗವು (ಭಾಗಮಾತ್ರ, ಎಲ್ಲಾ ಅಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ತಂತಿಯಿಂದ ನಾನಾ ಕಡೆಗಳಿಗೂ ಹಾರಿಹೋಗುತ್ತವೆ) ಉಂಟುಮಾಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಫಲನದ ಮೊತ್ತ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಒಂದು "ತಡೆಗಟ್ಟು" ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವೆವು, ಅಂದರೆ ಮೊಹರಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವವನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಋಣ ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸುವೆವು. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಎತ್ತರಿಸುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಕೊನೆಗೆ ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವವನ್ನು ಮುಟ್ಟದೇ ಹೋಗುವ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಸೇರುವೆವು.

ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ನಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಫಲನವು ಸುಮಾರು 5 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು. ಅವಶ್ಯಕವಾದಲ್ಲಿ, ವಿಶಿಷ್ಟ ಲೇಪಗಳು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಫಲನವನ್ನು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗೆ ಇಳಿಸಬಲ್ಲವು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾದ ಈ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಏಕಮಾನವು ಯಾವುದು ? ಅದರ ಹೆಸರೇ ಸೂಚಿಸುವಂತೆ, ಅದು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒಂದು ವೋಲ್ಟ್ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಅದರ ಪಥದ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಹಾದುಹೋಗುವಾಗ ಪಡೆಯುವ ಶಕ್ತಿ. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ 1.6×10^{-19} ಜೂಲ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ತಾಪೀಯ ವೇಗವು ಗಣನೀಯವಾಗಿದೆ, ಆದರೆ, ಅವುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ತುಂಬ ಕಡಿಮೆ

ಯಾದುದು. ಇದರಿಂದ, ಕೊಟ್ಟ ತಡೆಗಟ್ಟಿನ ಎತ್ತರವು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುವುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಾಗಿ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. 500 ರಿಂದ 2000 Kಗೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದರೆ, ವಿಸರ್ಜನೆ ಪ್ರವಾಹವು ಸಾವಿರ ಸಲದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುವುದು.

ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ, ಒಂದು ಲೋಹದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಆದರೆ ಒಂದು ಲೋಹದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರದೂಡಲೂಬಹುದು.

ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ, ಲೋಹವನ್ನು ಇತರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಹೊಡೆತಕ್ಕೆ ಗುರಿಮಾಡುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಆಗಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ **ದ್ವಿತೀಯಕ (ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್) ವಿಸರ್ಜನೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು (secondary (electron) emssion). ಹಲವು ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿಜ್ಞಾನದ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಇದು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ.

ಇದಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಅಗತ್ಯವಾದುದು ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದ ದ್ಯುತಿಯ ಮೂಲಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆಯುವುದು. ಈ ಘಟನೆಗೆ **ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ** (photoelectric effect) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ತಾಪವೈದ್ಯುತ ಘಟನೆಗಳು

ಬಹಳ ಕಾಲದ ಹಿಂದೆ (ಮಾನವಕುಲದ ಪ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಇದು ಒಂದು ಕ್ಷಣ ಮಾತ್ರ, ಆದರೆ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಅನಂತದಷ್ಟೇ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದು), 150 ವರ್ಷಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಭೂತಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಸರಳವಾದ ವಿಷಯುವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥವು ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯ ಒಂದು ತುಂಡು ಮತ್ತು ಬಿಸ್ಮತ್ತಿನ ತಂತಿಯ ಒಂದು ತುಂಡು ಇವುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಸೆದು ಸೇರಿಸಿ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುವುದು. ಇದು ಸಂಭವಿಸುವುದು ಒಂದು ಸಂಧಿಯ

ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಮತ್ತೊಂದರ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ. ಇದೇ **ತಾಪವೈದ್ಯುತ ಕ್ರಿಯೆ.**

ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಯಾವುದು ? ಈ ಘಟನೆಯ ವಿವರಣೆಯು ಅಷ್ಟೇನೂ ಸುಲಭವಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವೇರ್ಪಡುವುದಕ್ಕೆ ಎರಡು ಕಾರಣಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ, ಒಂದು ಸಂಪರ್ಕದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವಿರುತ್ತದೆ, ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ಒಂದು ತಾಪೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಇದೆ.

ಒಂದು ಲೋಹದ ಮೇರೆಯಿಂದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಅವಶ್ಯಕವೆಂದು ಈಗತಾನೆ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಫಲನ A ಎಂಬುದು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಎರಡು ಲೋಹಗಳ ಸಂಧಿಯ ಅಡ್ಡಲಾಗಿ

$$\frac{1}{e}(A_1 - A_2)$$

ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವಿರುವುದು.

ಈ ಸಂಪರ್ಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಆದರೆ, ಈ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಮುಚ್ಚಿದ ಪರಿಪಥ ಒಂದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ತಾನೇ ಉಂಟುಮಾಡಲಾರದು. ಇಂತಹ ಪರಿಪಥವು ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವುದು ಸ್ಪಷ್ಟ ಮತ್ತು ಸಂಪರ್ಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ವಿರುದ್ಧವಾಗಿದ್ದು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಪರಿಹರಿಸುವುವು. ಹಾಗಾದರೆ ಸಂಧಿಗಳಲ್ಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವನ್ನು ಏಕೆ ಉಂಟುಮಾಡುವುದು ? ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ತರ್ಕಬದ್ಧವಾದುದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಂಪರ್ಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಒಂದು ಸಂಧಿಯನ್ನು ಕಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳು ಅಸಮಗೊಂಡು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಇನ್ನೊಂದು ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ

ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದ ಎರಡು ತುದಿಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವುವು. ಹೀಗಿರುವುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ವಿಸ್ತರಣವು ಆರಂಭವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಏಕರೂಪದ ಹಂಚಿಕೆ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರತಿಬಂಧಿಸುವ ಕ್ಷೇತ್ರವೇರ್ಪಡುವವರೆಗೂ ಮುಂದುವರಿಯುವುದು.

ಎರಡು ಘಟನೆಗಳೂ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಇರುವುವೆಂಬ ವಿಷಯದ ಬಗ್ಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಯಾವ ಸಂಶಯಕ್ಕೂ ಎಡೆಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮುಂದಿಡುವುದರಲ್ಲಿ ಎರಡನ್ನೂ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ತಾಪವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲಗಳು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದವು : 100 ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿವೋಲ್ಟ್ ಅಷ್ಟರ ಪರಿಮಾಣದವು. ಇಂತಹ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ತಾಪವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಅಳತೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಕರಗಿರುವ ಲೋಹ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಗಾಜಿನಲ್ಲಿನ ದ್ರವದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ಅದ್ದುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ ತಾನೆ. ಇಂತಹ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ಒಂದು **ತಾಪವೈದ್ಯುತ ಯುಗ್ಮವು** (ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಅಳತೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ತಾಪೀಯ ಸಲಕರಣೆಗೆ ಈ ಹೆಸರು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ) ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದ ಉಪಕರಣ. ತಾಪವೈದ್ಯುತ ಯುಗ್ಮವು ಇದಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೂ ಇತರ ಉಪಯೋಗಕರವಾದ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ದೂರಗಳಿಂದಲೇ ಅಳತೆಮಾಡುವುದು ಎಷ್ಟು ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಮತ್ತು ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಮಟ್ಟದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವ. ವೈದ್ಯುತ ಅಳತೆಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ನಿಖರವಾದವುಗಳು ಮತ್ತು ತಾಪವೈದ್ಯುತ ಯುಗ್ಮವು ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯಲ್ಲಿ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲುದು ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ಇಷ್ಟು ಉಚ್ಚಮಟ್ಟದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವದಿಂದಾಗಿ, ತಾಪವೈದ್ಯುತಯುಗ್ಮಗಳನ್ನು ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಉಷ್ಣ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳತೆ

ಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ತಾಪವೈದ್ಯುತ ಸಲಕರಣೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ವಾಚಕನೇ ಅಂದಾಜು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟು ಹೇಳಿದರೆ ಸಾಕು : ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಒಂದು ಎರ್ಗಿನ ಹತ್ತರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗವು ಯಾವ ಮಿತಿಯೂ ಅಲ್ಲ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಚಯನ ಕೋಶಗಳಂತೆಯೇ ತಾಪವೈದ್ಯುತ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಒಂದು ತಾಪೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವರು. ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಯ ಮಟ್ಟವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಇಂತಹ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶವು ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದಕ ಸಲಕರಣೆಯಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಸುದ್ದಿ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗವಾಗುವುದು.

ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳು

ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನೂ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡು ಅನೇಕ ಪದಾರ್ಥಗಳು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಗಳು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕಗಳು ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ತುಂಬಿರುವ ವಾಹಕತ್ವಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಕಾಲದ ಹಿಂದೆಯೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿತ್ತು. ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನವು ವಿಶ್ವದ ಆರ್ಥಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಮುಖ ಭಾಗವಾಗುವುದೆಂದು ಕೇವಲ ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಯಾರು ತಾನೆ ಊಹಿಸುತ್ತಿದ್ದರು ? ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಆಧುನಿಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಗಣಕ ಯಂತ್ರಗಳು, TV ಉಪಕರಣಗಳು ಮತ್ತು ಟೇಪ್ ರಿಕಾರ್ಡರುಗಳು ಇವುಗಳು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಿಲ್ಲದೆ ಇಂದಿನ ರೇಡಿಯೋ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದೂ ಅಸಾಧ್ಯ.

ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕಗಳು (ಅವಾಹಕಗಳು) 10^{-8} ಮತ್ತು 10^{-18} ಓಮ್$^{-1}$ –ಮೀ$^{-1}$ ಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯೊಳಗಿನ ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ, ಲೋಹಗಳ ವಾಹಕತ್ವದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಅದೇ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ 10^2 ರಿಂದ 10^4 ರವರೆಗೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳ ವಾಹಕತ್ವವು ಈ ಎರಡು ವ್ಯಾಪ್ತಿಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವುದು.

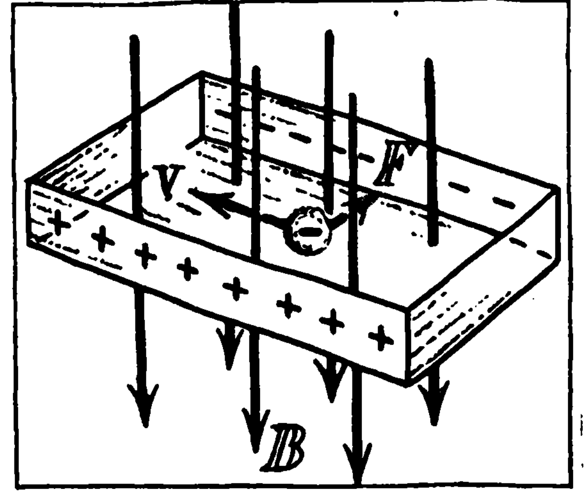
ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳೊಂದಿಗೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರತಿರೋಧ ಮಾತ್ರವೇ ಗಮನೀಯವಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಮುಂದೆ ನೋಡಿ ತಿಳಿಯಲಾಗುವುದು.

ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ಯಾವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳೂ ಸಂಭವಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದೇನೆಂದರೆ, ಈ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಹರಳು ಜಾಲಕದ ಕಟ್ಟಡವನ್ನು ರಚಿಸುವ ಅವುಗಳ ಅಯಾನುಗಳು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಅತ್ತಿತ್ತ ಚಲಿಸಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ವಹನಕ್ಕೆ ಕಾರಣ.

ಇದು ಸ್ವತಸಿದ್ಧವಾಗಿ ತೋರಿಬಂದರೂ, ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಆರಂಭ ಘಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಯಾವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರು. ಘನ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ 1879ರಲ್ಲಿ ಎಡ್ವಿನ್ ಹರ್ಬರ್ಟ್ ಹಾಲ್ (1855–1938) ಎಂಬಾತನಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟ ಹಾಲ್ ಪರಿಣಾಮದ (**Hall effect**) ಸಹಾಯದಿಂದ ಇದನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ಕಣಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಗಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಇದರ ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ನಿಮ್ಮ ನೆನಪಿಗೆ ತರುತ್ತೇನೆ. ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಘನ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಒಂದು ಫಲಕದ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಿ ಸರಿಯಾದ ದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ, ಫಲಕದ ಅಂಚುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಕಾಣುವುದು. ಈ ಏರ್ಪಾಟನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.8ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸಿದಾಗ ಹಲವು ಕಾಯಗಳು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಅದರ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಧನ ಕಣಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಂತೆಯೂ, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ವೇಳೆ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ ಕಣಗಳು ಋಣ ಚಿಹ್ನೆಯವುಗಳಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುವುದನ್ನು ಕಂಡು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಆಶ್ಚರ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ವರ್ತನೆಗೆ ನಾವು ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೆಸರಿಡಬಹುದು. ಮೊದಲನೆಯದನ್ನು ಧನ (*p*–ನಮೂನೆಯ)



ಚಿತ್ರ 2.8

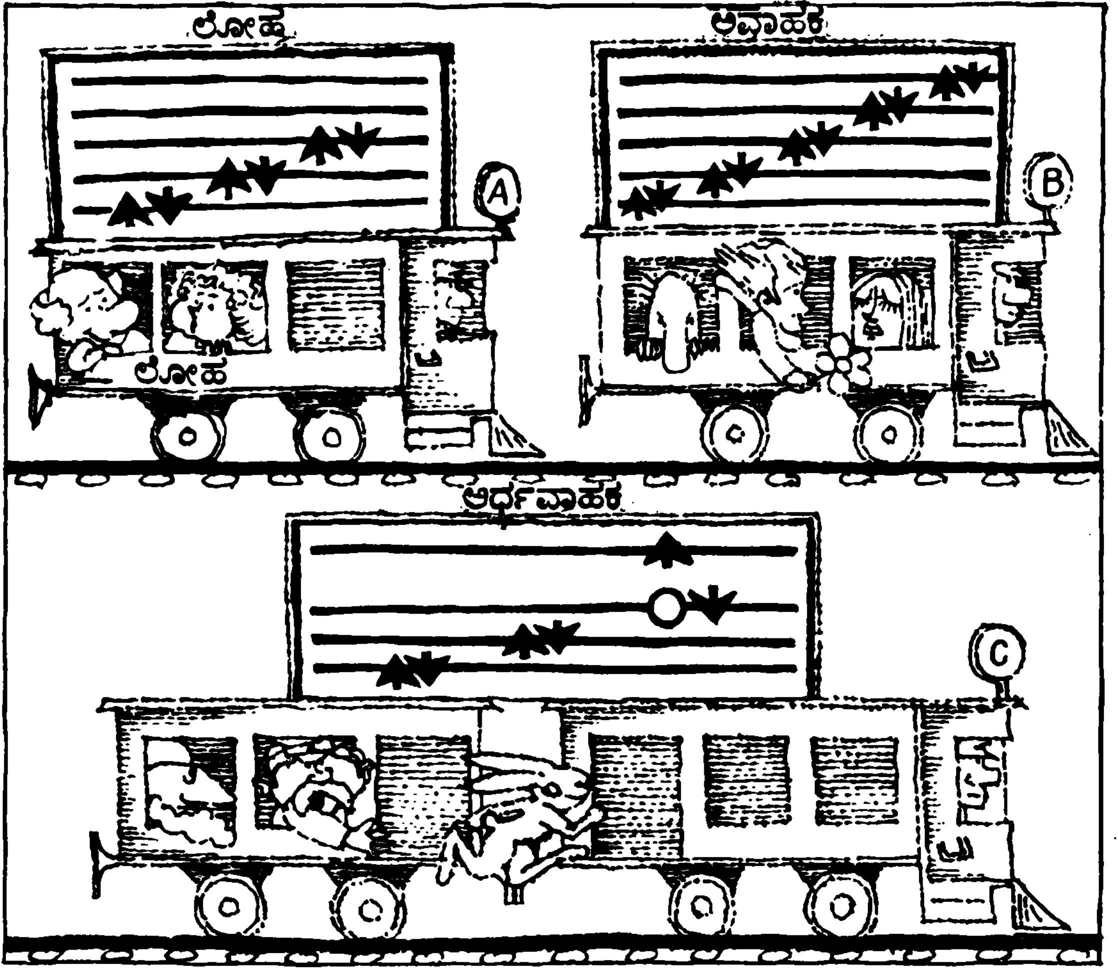
ವಹನವೆಂದೂ, ಎರಡನೆಯದನ್ನು ಋಣ (*n*–ನಮೂನೆಯ) ವಹನವೆಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ, ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯ ಹೆಸರಿಡುವುದು ಅಲ್ಲ, ವಿಷಯಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದು. ಅರ್ಧವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತಿವೆ ಎಂಬುದ ರಲ್ಲಿ ಏನೂ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ. ಈ ಅಸಮಂಜಸತೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ನಿವಾರಿಸುವುದು ? ಧನ ವಹನಕ್ಕೆ ಹೇಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು ?

ಕ್ರೀಡಾಪಟುಗಳ ಒಂದು ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಯಾವುದೋ ಕಾರಣ ದಿಂದ ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯ ಸಾಲನ್ನು ಬಿಡುತ್ತಾನೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಒಂದು ಖಾಲಿ ಸ್ಥಳವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಭಾಷಾಸೌಂದರ್ಯದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಅಷ್ಟು ಸಮರ್ಪಕ ವೆನಿಸದಿದ್ದರೂ ಇವನ್ನು ಒಂದು "ರಂಧ್ರ" ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಸಾಲು ಗಳನ್ನು ಸರಿಮಾಡುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ, ಆಜ್ಞಾಧಿಕಾರಿಯು ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವವನನ್ನು ಒಂದು ಸ್ಥಳ ಸರಿಯುವಂತೆ ಹೇಳುವನು. ಇದರಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಖಾಲಿ ಸ್ಥಳ ವೇರ್ಪಡುವುದೆನ್ನುವುದು ಸ್ವತಃಸಿದ್ಧವೇ. ಅದರ ಪಕ್ಕದ ಮನುಷ್ಯನನ್ನು ಈ "ರಂಧ್ರ"ಕ್ಕೆ ಹೋಗುವಂತೆ ಹೇಳಿ ಅದನ್ನು ತುಂಬಬಹುದು. ಕ್ರೀಡಾಪಟುಗಳು ಒಬ್ಬನಾದ ಮೇಲೆ ಮತ್ತೊಬ್ಬನಂತೆ ಎಡಗಡೆಗೆ ಸರಿದರೆ, "ರಂಧ್ರ"ವು ಬಲಗಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳ ಧನ ವಹನಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ನೀಡುವುದು ಈ ಕಾರ್ಯ ಗತಿಯೇ.

ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ವಹನದ ಲಕ್ಷಣ ನಿರೂಪಣೆಯೇ (ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಗೆ ಹಲವು ಪುಟಗಳ ಹಿಂದೆ ನಾವು ಸಿದ್ಧಿಸಿದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ನೆನಸಿಕೊಳ್ಳಿ) ಒಂದು ಅರ್ಧವಾಹಕ ದಲ್ಲಿನ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಯಾನುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯ ಪರಮಾಣುಗಳು ಎಂದು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾದರೂ, ಅರ್ಧ ವಾಹಕವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕವಲ್ಲ, ಈ ಕಾರಣದಿಂದ, ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮುಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಲೋಹ ದಲ್ಲಿನಂತೆಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಋಣ, ಅಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್, ವಹನಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಭೂತವಾಗಿವೆ. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಸುತ್ತುವರಿಯಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಧನ ಅಯಾನು ಅಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು. ಘನ ಪದಾರ್ಥಕ್ಕೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಮಾಡಿದ ಕೂಡಲೇ, ಒಂದು ಧನ ಅಯಾನು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಆದರ ನೆರೆಯದರಿಂದ "ಸೆಳೆ"ಯುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ; ಇದರ ಮುಂದಿನ ಪರಮಾಣುವೂ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಧನ ಅಯಾನು ಒಂದು "ರಂಧ್ರ"ವನ್ನು ಬಹಳಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಅಡ್ಡಕಟ್ಟುವುದು ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ನಿವಾರಿಸು ತ್ತದೆ. ಧನ ಅಥವಾ ರಂಧ್ರ ವಹನವು ಸಂಭವಿಸುವುದು ಹೀಗೆಯೇ.

ಈ ಮಾದರಿಯು ನಿಮಗೆ ಹಿಡಿಸದಿರಬಹುದಲ್ಲವೇ ? ನಾನು ಇನ್ನೊಂದನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಲ್ಲೆ. ನಾವು ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ಒಂದು ಕಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ವಾಂಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇದು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಮಾಣು ವಿನಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಹಂಚಿಕೆ ಆಗಿರುವಂತೆಯೇ ಒಂದು ಘನ ಪದಾರ್ಥದ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವುವು ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೂ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು. ಆದರೆ ಘನ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರುವುದರಿಂದ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ **ಶಕ್ತಿ ತಂಡ** ಗಳಾಗಿವೆ (energy bands).

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ನಡುವೆ ದುರ್ಬಲವಾದ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆ ಮಾತ್ರ ಇದ್ದರೆ,



ಚಿತ್ರ 2.9

ತಂಡಗಳು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಅಗಲದ್ದಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಪರಮಾಣುಗಳು ಘನ ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ಭಾಗ ಎಂಬ ಸಂಗತಿಯು ಆಂತರಿಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮೇಲೆ ಏನೂ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ.

ಬಾಹ್ಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿಷಯವೇ ಬೇರೆ. ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಗಳು ತಂಡಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿವೆ. ಈ ತಂಡಗಳ ಅಗಲವೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ನಡುವಣ "ದೂರವೂ" ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. (ವಾಸ್ತವವಾಗಿ

ಅವುಗಳನ್ನು **ಶಕ್ತಿ ಅಂತರಗಳು** ಎಂದು ಕರೆಯಬೇಕು; ಈ ಪ್ರಸಂಗದಲ್ಲಿ "ದೂರ" ಎಂಬ ಪದವು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಮಾತು ಅಷ್ಟೆ.)

ಘನ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕತ್ವವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಲೋಹಗಳು, ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕಗಳು ಎಂದು ವಿಭಾಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಈ ಚಿತ್ರ ಕೊಡುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ 2.9). ಒಂದು ತಂಡವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ತುಂಬಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ಮೇಲಿರುವ ಮುಂದಿನ ಖಾಲಿ ತಂಡದ ಅಗಲವು ದೊಡ್ಡದಾಗಿದ್ದರೆ ಕಾಯವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಅಥವಾ ಅವಾಹಕ. ಮೇಲಿನ ತಂಡವು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ತುಂಬಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಲೋಹವಾಗುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಅತಿ ದುರ್ಬಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಾದ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ದೂಡಬಲ್ಲುದು. ಒಂದು ಅರ್ಧವಾಹಕದ ವಿಶೇಷ ಲಕ್ಷಣವೆಂದರೆ ಅದರ ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಶಕ್ತಿ ತಂಡವು ಕೆಳಗಿನ ತಂಡಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಅಂತರದಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಅವಾಹಕಗಳು ಮತ್ತು ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಒಂದು ತಂಡದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ತಂಡಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಸಬಲ್ಲುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಭಾವದಲ್ಲಿ, ಇಂತಹ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಮೇಲುಗಡೆಗೂ ಕೆಳಗಡೆಗೂ ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯಿಂದ ಮೇಲಿನ ತಂಡದಲ್ಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚುವುದು, ಅಷ್ಟೆ.

ಹಾಗಾದರೆ, ಒಂದು ಅರ್ಧವಾಹಕಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ ಏನಾಗುವುದು ?

ಈಗ ಮೇಲಿನ ತಂಡದಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಚಲಿಸಲಾರಂಭಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಋಣ ವಹನಕ್ಕೆ ನೆರವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಮೇಲ್ಗಡೆಗೂ ಮತ್ತು ಕೆಳಗಡೆಗೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿಯು ತಪ್ಪುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಕೆಳಗಡೆಯ ತಂಡದಲ್ಲಿ ಒಂದು ರಂಧ್ರವೇರ್ಪಡುವುದು ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಇದು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಲಾರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ

ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳನ್ನು **ಸಂಮಿಶ್ರ (ಧನ-ಋಣ)ವಹನ ಉಳ್ಳ ವಾಹಕಗಳು** ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು.

ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳ ಈ ತಂಡ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಕ್ರಮಾನ್ವಿತವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಸುಸಂಗತವಾಗಿಯೂ ಇದೆ. ನಾವು ವಿವರಿಸಿರುವ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಕೃತಕ ಅಥವಾ ಬಹಳ ದೂರ ಎಳೆದುದು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಕೂಡದು. ಒಂದು ಲೋಹ ಮತ್ತು ಅರ್ಧವಾಹಕ ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ, ಅಂದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದಾಗ ಅವುಗಳ ವಿಶಿಷ್ಟ ವರ್ತನೆಗೆ, ಸರಳವೂ ಸ್ಪಷ್ಟವೂ ಆದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಅದು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಹಿಂದಿನ ಒಂದು ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ಲೋಹಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕತ್ವವು ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಾಗ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಏಕೆಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಅಡಚಣೆಗಳೊಡನೆ ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಅರ್ಧವಾಹಕದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಾಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ರಂಧ್ರಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಅದರಿಂದಾಗಿ ವಾಹಕತ್ವವೂ ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಈ ಪರಿಣಾಮವು ಅಡಚಣೆಗಳೊಡನೆ ಆಗುವ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಸಂಭವಿಸುವ ನಷ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದೆಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು.

ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಬಹುಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವಹಿಸಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳೆಂದರೆ ಅಶುದ್ಧತೆಗಳಿರುವ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳು. ಅಶುದ್ಧತೆಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿ, –ಇದಕ್ಕೆ **ಡೋಪಿಂಗ್** (doping) ಎಂದು ಹೇಳುವರು – ಕೇವಲ ಋಣ ಅಥವಾ ಧನ ವಹನ ಮಾತ್ರವುಳ್ಳ ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಇದರ ಹಿಂದಿರುವ ತತ್ವವು ಅತ್ಯಂತ ಸರಳವಾದುದು.

ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅರ್ಧವಾಹಕ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಸಿಲಿಕಾನ್. ಈ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ನಾಲ್ಮಡಿ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವುಗಳು **(tetravalent)**. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಮಾಣುವೂ ಅದರ ನೆರೆಯ ನಾಲ್ಕು ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿತವಾಗಿರುವುದು. ಆದರ್ಶ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಶುದ್ಧ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಸಂಮಿಶ್ರ ಮಾದರಿಯ ಅರ್ಧವಾಹಕ. ಪ್ರತಿ 1(ಸೆಂ.ಮೀ)^3

ನಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ ರಂಧ್ರಗಳ ಮತ್ತು ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬಹಳ ಸಣ್ಣದು, ಸುಮಾರು 2.5×10^{13}. ಇದು ಒಂದು ಸಾವಿರ ಕೋಟಿ ಪರಮಾಣು ಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಒಂದು ರಂಧ್ರದಷ್ಟಕ್ಕೆ ಆಗುವುದು.

ಈಗ ಜರ್ಮೇನಿಯಂನ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆರ್ಸೆನಿಕ್ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಇಡೋಣ. ಆರ್ಸೆನಿಕ್ (ಐದು ಸಂಯೋಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳುಳ್ಳ) ಪಂಚ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳದು. ಅದರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ಅದನ್ನು ಆಶ್ರಯದ (ಜರ್ಮೇನಿಯಂನ) ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸುತ್ತವೆ. ಐದನೆಯದು ಮುಕ್ತ. ಈ ಪದಾರ್ಥವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ (ಋಣ) ವಹನವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಇನ್ನೊಂದು ಆರ್ಸೆನಿಕ್ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದುದರಿಂದ ರಂಧ್ರಗಳು ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಆರ್ಸೆನಿಕ್‌ಅನ್ನು ಅಲ್ಪಸ್ವಲ್ಪವೇ, ಜರ್ಮೇನಿಯಂನ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಷ್ಟು ಮಿಶ್ರಮಾಡಿದರೂ, ಜರ್ಮೇನಿಯಂನ ವಾಹಕತ್ವವು ಸಾವಿರ ಪಾಲುಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುವುದು.

ಜರ್ಮೇನಿಯಂಅನ್ನು *p*–ಮಾದರಿಯ ವಾಹಕವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಲು ಏನು ಮಾಡಬೇಕೆಂಬುದು ಈಗ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವುದು. ಇದನ್ನು ಮಾಡಲು ಒಂದು ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ತ್ರೈಸಂಯೋಜಕ ಪರಮಾಣು ವನ್ನು (trivalent atom) –ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಇಂಡಿಯಂ – ನೆಲೆಗೊಳಿಸಬೇಕು.

ಇದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗಿದೆ. ಅತಿಥಿ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ಜರ್ಮೇನಿಯಂನ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಧನ ಅಯಾನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಡಿಮೆ ಇರುವ ಇಂಡಿಯಂ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಅದು ಒಂದು ಬಂಧನವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ಧನ ಅಯಾನು ಒಂದು ರಂಧ್ರದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುವುದು ಎಂದು ನಾವು ಆಗಲೇ ಅರಿತಿದ್ದೇವೆ. ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ರಂಧ್ರಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಯೂ ಇರುವುದು.

ಶುದ್ಧ ಹರಳುಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನಗಳ ಮೇಲೆ ಅರ್ಧವಾಹಕ

ಕೈಗಾರಿಕೆಯು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾದ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿರುವುದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಅಶುದ್ಧತೆಗಳ ತುಸುಮೊತ್ತವು ಕೂಡ ಅಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸವುಂಟುಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಬೇರೆ ಹೇಗೆ ಇರಲೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

n–ಮಾದರಿಯ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರ ವಹನವು ಇಲ್ಲ ಎಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ತಪ್ಪಾಗುವುದು. ರಂಧ್ರಗಳೇನೊ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. *n*–ಮಾದರಿಯ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ **ಬಹುಸಂಖ್ಯಾತ ವಾಹಕಗಳು**, ರಂಧ್ರಗಳಾದರೊ, ಅಲ್ಪಸಂಖ್ಯಾತದವುಗಳಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು **ಅಲ್ಪಸಂಖ್ಯಾತ ವಾಹಕಗಳು** ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, *p*–ಮಾದರಿಯ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಸಂಖ್ಯಾತ ವಾಹಕಗಳು ರಂಧ್ರಗಳು, ಅಲ್ಪಸಂಖ್ಯಾತ ವಾಹಕಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು.

p–n ಸಂಧಿ

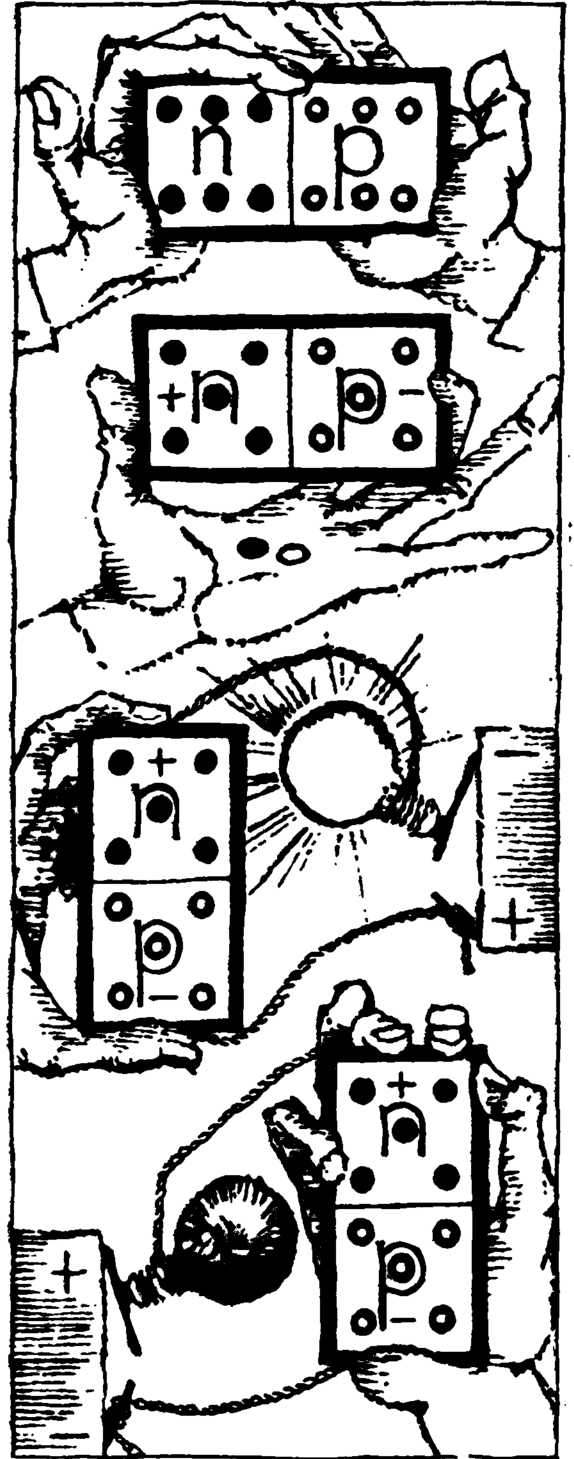
p– ಮತ್ತು *n*–ಮಾದರಿಯ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳು ಎಂತಹವು ಎಂಬುದು ಗೊತ್ತಾಗಿರುತ್ತದೆಯಾಗಿ, ಇಂದಿನವರೆಗಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ (electronics) ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವಹಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಈ ಪರಿಣಾಮವು ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ *p*– ಮತ್ತು *n*–ಮಾದರಿಯ ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳ ನಡುವಿನ ಪರಿವರ್ತನ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ *p–n* ಸಂಧಿ ಎಂದು ಕರೆಯುವರು, ಆದರೂ **ಪರಿವರ್ತನೆ** (transition) ಎಂಬ ಪದವನ್ನು *p–n* ಸಂಧಿಯ ಮೂಲ ತತ್ವದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಕೆಲಸಮಾಡುವ (ಪರಿವರ್ತನೆ–ಪ್ರದೇಶ ಉಪಕರಣಗಳು ಎಂಬ) ಉಪಕರಣಗಳ ಇಡೀ ಗುಂಪಿನ ಹೆಸರಾಗಿಯೇ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. In ನಿಂದ (*p*–ಮಾದರಿ ಅರ್ಧವಾಹಕ) ಡೋಪ್ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ Ge ನಿಂದ ಮಾಡಿದ ಒಂದು ತುಂಡು ಮತ್ತು As ನಿಂದ ಡೋಪ್ ಮಾಡಿದ Ge ನಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಇನ್ನೊಂದು ಇವೆರಡನ್ನೂ ಒಂದೇ ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತವಿರುವಂತೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಪ್ರತಿಯೊಂದು

ತುಂಡಿನ ಒಂದು ಮುಖವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಉಚ್ಚಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ನುಣುಪಾಗಿಯೂ, ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿಯೂ ಇರುವ ಹಾಗೆ ಉಜ್ಜಿ, ಎರಡು ಉಜ್ಜಿದ ಮುಖಗಳನ್ನೂ ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಒಟ್ಟಿಗಿರುವಂತೆ ಸೇರಿಸಿಟ್ಟರೆ ಏನಾಗುವುದು ? ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ ಜರ್ಮೇನಿಯಂನ ಒಂದೇ ಒಂದು ಹರಳು ಇದೆ, ಆದರೆ ಅದರ ಒಂದು ಅರ್ಧ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಹೆಚ್ಚಳವೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಅರ್ಧ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರಗಳ ಹೆಚ್ಚಳವೂ ಇರುವುದು.

ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟು ಸರಳವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲೋಸುಗ, ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ಅಲ್ಪಸಂಖ್ಯಾತ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಮರೆತಿರೋಣ. ಆರಂಭದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ (ಚಿತ್ರ 2.10ರಲ್ಲಿ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ನೋಡಿ), ಹರಳಿನ ಎರಡು ಅರ್ಧ ಭಾಗಗಳೂ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ *n*–ಮಾದರಿ ಅರ್ಧವು (ಅದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯವಾಗಿದ್ದರೂ ಕೂಡ) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಆಧಿಕ್ಯವನ್ನು (surplus) ಹೊಂದಿರುವುದು (ಕಪ್ಪು ಚುಕ್ಕೆಗಳು) ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು *p*–ಮಾದರಿ ಅರ್ಧದಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರಗಳ ಆಧಿಕ್ಯವಿರುವುದು (ವೃತ್ತಗಳು).

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ, ರಂಧ್ರಗಳೂ ಎರಡೂ ಎಲ್ಲೆಯ ಮೂಲಕ ಅಡ್ಡಿಯಿಲ್ಲದೆ ಹಾದು ಹೋಗಬಹುದು. ಇಂತಹ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಕಾರಣವು ಎರಡು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಅವುಗಳಿರುವ ಪಾತ್ರೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಮಿಶ್ರಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿರುವಂತಹದೇ. ಆದರೆ, ಅನಿಲ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ರಂಧ್ರಗಳೂ ಪುನಃ ಒಂದುಗೂಡಬಲ್ಲವು.

ಮೊದಲಿಗೆ ಎಡಗಡೆಯಲ್ಲಿ ಆರು ಕಪ್ಪು ಚುಕ್ಕೆಗಳೂ ಮತ್ತು ಬಲಗಡೆಯಲ್ಲಿ ಆರು ವೃತ್ತಗಳೂ ಇದ್ದವು. ಪರಿವರ್ತನವು ಆರಂಭವಾದ ಕೂಡಲೆ, ಒಂದು ವೃತ್ತವೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ಚುಕ್ಕೆಯೂ ಒಂದನ್ನೊಂದು ನಾಶಮಾಡುತ್ತವೆ. ಮುಂದಿನ ನಕ್ಷೆಯು ತೋರಿಸುವುದೇನೆಂದರೆ ಎಡಗಡೆಯ ಅರ್ಧದಲ್ಲಿ ಅದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಉಳಿದಿರುವುವು. ಬಲಗಡೆಯ ಅರ್ಧದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವೃತ್ತವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು. ಎಡಗಡೆ ಅರ್ಧದಿಂದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಕಸಿದುದರಿಂದ ಈ ಅರ್ಧಕ್ಕೆ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಲಬ್ಧ



ಚಿತ್ರ 2.10

ವಾಯಿತು. ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಬಲಗಡೆಯ ಅರ್ಧವು ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶ ವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ.

ಇದರ ಮುಂದಿನ ರಂಧ್ರಗಳ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ನಡುವಿನ ಎಲ್ಲೆಯ ಮೂಲಕ ಪರಿವರ್ತನ ಕಷ್ಟವಾಗುವುದು. ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳಿಂದ ಏರ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ ವಿರೋಧವಾಗಿ ಚಲಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದವರೆಗೂ ಪರಿ ವರ್ತನೆಯು ಮುಂದುವರಿಯುವುದು, ಅಂದರೆ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ಸತತವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಿರುವ ತಡೆಗಟ್ಟನ್ನು ದಾಟಲು ಶಕ್ತವಾಗಿರುವವರೆಗೂ. ಕೊನೆಗೆ ಚಲನಾತ್ಮಕ ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿಯು (dynamic equilibrium) ಏರ್ಪಡುವುದು.

ಈಗ, ಚಿತ್ರ 2.10ರಲ್ಲಿನ ಮೂರನೆಯ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ನಮ್ಮ ಸಂಯುಕ್ತ *p–n* ಹರಳಿಗೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಮಾಡಿದರೆ ಏನಾಗು ವುದು ? ಪ್ರವಾಹ ವಾಹಕಗಳು ತಡೆಗಟ್ಟನ್ನು ದಾಟಿ ಹೋಗಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚುವರಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತಿದ್ದೇವೆ ಎಂಬುದು ವಿಶದ ವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು.

ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಧನ ಧ್ರುವವನ್ನು *n*–ಮಾದರಿಯ ಅರ್ಧಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಮತ್ತು ರಂಧ್ರಗಳೂ ತಡೆಗಟ್ಟನ್ನು ದಾಟುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವಾಗು ವುದು.

ಅಂದರೆ, ಒಂದು ***p–n*** ಸಂಧಿಯು ಒಂದೇ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಹಾದುಹೋಗಲು ಬಿಡುತ್ತದೆ, ಇದರಿಂದಾಗಿ ಇದು ಏಕಮುಖ ಪರಿವರ್ತಕ (rectifying) ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು.

ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಏಕಮುಖ ಪರಿವರ್ತಕಗಳನ್ನು (ಕವಾಟ (valves) ಮತ್ತು ದ್ವಿಧ್ರುವ (diodes) ಇವುಗಳು ಒಂದೇ ಅರ್ಥದ ಪದಗಳು) ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿವಿಧ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳ ಮೂಲತತ್ವ ವನ್ನು ಈಗ ತಾನೆ ವಿವರಿಸಿದ್ದೇವೆ.

ಹಾಗಾದರೂ, ನಮ್ಮ ವಿವರಣೆಯು ಅತ್ಯಂತ ಒರಟಾದುದು. ಯಾವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿಷಯುದಲ್ಲಿಯೂ, ಅದು ಪುನಃ ಸಂಯೋಗಗೊಳ್ಳದೆ ತಡೆಗಟ್ಟನ್ನು ದಾಟಿ

ಹೋಗಲು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ರಂಧ್ರಗಳ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲೇ ಇಲ್ಲ. ಅದರ ಮುಖ್ಯ ನ್ಯೂನತೆಯೆಂದರೆ, ಒಂದು ***p–n*** ಹರಳು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಏಕಮುಖಿಯಾಗಿ ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶ ಕೊಡದ ಅಲ್ಪಸಂಖ್ಯಾತ ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಗಮನಕ್ಕೆ ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳದೇ ಇರುವುದೇ. ವಾಸ್ತವದಲ್ಲಿ, ಚಿತ್ರ 2.10ರ ಕೆಳಭಾಗದ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಮಾಡಿದಾಗ ಒಂದು ದುರ್ಬಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವುದು.

ಚಲನಾತ್ಮಕ ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ ಎಲ್ಲೆ ಅಥವಾ ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವಿವರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ಮೊದಲಿಗೆ, ನಾವು ಮೇಲೆ ಮಾಡಿದ ಸರಳವಾದ ಆಧಾರಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ತಳ್ಳಿ ಹಾಕಿ, ಅಲ್ಪಸಂಖ್ಯಾತ ವಾಹಕಗಳಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಕ್ಕೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ಚಲನಾತ್ಮಕ ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡುವುದರಲ್ಲಿ, ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗಿರುವುದು: ***p***–ಮಾದರಿಯ ಹರಳಿನ ಆಳದೊಳಗಿಂದ ಎಲ್ಲೆಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಾ ರಂಧ್ರ ಪ್ರವಾಹವು ಕ್ರಮ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೊಡನೆ ಪುನಃ ಸಂಯೋಗ ಹೊಂದದೆ ***p–n*** ಸಂಧಿಯನ್ನು ಸೇರಿ ಅದರಿಂದಾಚೆಗೆ ಹಾರಲು ಶಕ್ತ ವಾಗಿರುವ ರಂಧ್ರಗಳು ಈ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಸಹಾಯ ಒದಗಿಸುವುವು.

ಈ ರಂಧ್ರಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಭವದ ತಡೆಗಟ್ಟನ್ನು ಅತಿಕ್ರಮಿಸುವಷ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಯನ್ನು ಪಡೆದಿರಲೇಬೇಕು.

ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಪ್ರದೇಶದ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವಾಗ, ಈ ಪ್ರವಾಹವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೊಡನೆ ಪುನಃ ಸಂಯೋಜನೆಯ ಫಲವಾಗಿ ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಕ್ಷೀಣಿಸು ತ್ತದೆ. ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಒಂದು ರಂಧ್ರ ಪ್ರವಾಹವು *n*–ಮಾದರಿ ಹರಳಿನ ಆಳ ದೊಳಗಿಂದ ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹರಿಯು ತ್ತದೆ. ಈ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಸಂಖ್ಯೆಯ ರಂಧ್ರಗಳಿರುವುವು, ಆದರೆ ಅವುಗಳು *p*–ಮಾದರಿ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಹೋಗಲು ತಡೆಗಟ್ಟನ್ನು ಅತಿಕ್ರಮಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಮುಂದು

ಗಡೆಗೂ ಮತ್ತು ಹಿಂದುಗಡೆಗೂ ಹರಿಯುವ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸಮ ತೂಗಿಸುವ ಹಾಗೆ ತಡೆಗಟ್ಟು ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವುದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ನಿಜ, ರಂಧ್ರ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಯಾಗಿರಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ *p*– ಮತ್ತು *n*–ಮಾದರಿ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಅಶುದ್ಧತೆ ಗಳಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಡೋಪ್ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ಇದು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೊತ್ತಗಳ ಮುಕ್ತ ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, *p*–ಮಾದರಿ ಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ರಂಧ್ರಗಳು *n*–ಮಾದರಿ ಭಾಗದಲ್ಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿ ಗಿಂತ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ರಂಧ್ರ ಪ್ರವಾಹವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಇಂತಹ *p*–ಮಾದರಿ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಮುಕ್ತ ಪ್ರವಾಹ ವಾಹಕಗಳ **ವಿಸರ್ಜಕ** (emitter) ಎಂದೂ, *n*–ಮಾದರಿ ಭಾಗಕ್ಕೆ **ಆಧಾರ** (base) ಎಂದೂ ಹೆಸರು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಏಕಮುಖಿಯಾಗಿಸಲು ಆಗದೆ ಇರುವುದು ಏಕೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು *p–n* ಎಲ್ಲೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಘಟನೆಗಳ ವಿಷಯ ವಾಗಿ ಈ ಹೆಚ್ಚು ವಿವರದ ನಿರೂಪಣೆಯಾದ ಮೇಲೆ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಧನ ಧ್ರುವವನ್ನು *p*–ಮಾದರಿ ಹರಳಿಗೆ (ಅಥವಾ ಅರ್ಧಕ್ಕೆ) ಸೇರಿಸಿದರೆ, ತಡೆಗಟ್ಟು ತಗ್ಗುವುದು. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಮುಂದೂಡುವುದು. ಧನ ಧ್ರುವವನ್ನು *n*–ಮಾದರಿ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲದಿಂದುಂಟಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕೂ ತಡೆಗಟ್ಟಿನ ದಿಕ್ಕೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿನ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ತಡೆ ಗಟ್ಟನ್ನು ಅತಿಕ್ರಮಿಸಬಲ್ಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಬಲ್ಲ ರಂಧ್ರಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಸಂಧಿ ಪ್ರದೇಶ ದಲ್ಲಿ ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಅಸಮರೂಪದ ವೋಲ್ಟ್–ಆಂಪೇರ್ ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ರೇಖೆ ಲಭಿಸುವುದು.

ಹೆಚ್ಚು ಕೂಲಂಕಷವಾದ ಈ ಪರಿಶೀಲನೆಯು ಸಂಧಿ ಪದರದಲ್ಲಿ ಏಕಮುಖೀಕರಣವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಏಕೆ ಆಗಲಾರದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ವಿಶದವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ಈಗ ನಮಗೆ ಅರ್ಥವಾಗುವುದು.

3. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತತೆ

ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯ ಅಳತೆ

ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಅದರುಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ಸಲಾಕಿಗಳು ಮತ್ತು ಸೂಜಿಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದಿಂದಲೇ ಗಮನಿಸ ಲಾಗಿದೆ. ಈ ಪದಾರ್ಥಗಳು ವಿಚಿತ್ರವಾದ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು : ಸೂಜಿ ಗಳ (ಅಥವಾ ಸಲಾಕಿಗಳ) ಒಂದು ತುದಿಯು ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕಿನ ಕಡೆಗೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಸೂಜಿಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ಎಂಬ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಆರೋಪಿಸಬಹುದು. ಒಂದೇ ತರಹದ ಧ್ರುವಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಕರ್ಷಿಸು ತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅಸದೃಶ ಧ್ರುವಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಸುಲಭ ವಾಗಿ ತೋರಿಸಬಹುದು.

ಇಂತಹ ವಿಶಿಷ್ಟ ಕಾಯಗಳ ವರ್ತನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ವಿಲಿಯಂ ಗಿಲ್ಬರ್ಟ್ (1540–1603) ಎಂಬಾತನು ಕೂಲಂಕಷವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದನು. ಭೂಮಿಯ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ವರ್ತನೆಯ ನಿಯಮಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ನಿಯಮಗಳಿಗೂ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟನು.

1820, ಜುಲೈ 21ರಂದು ಹಾನ್ಸ್ ಕ್ರಿಸ್ಟಿಯನ್ ಏರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ (1777–1851) ಎಂಬ ಡೆನ್ಮಾರ್ಕಿನ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತಾನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದ ವಿಷಯ ವನ್ನು "ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಿರೋಧದ ಪರಿಣಾಮ ಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳು" ಎಂಬ ಅತ್ಯಂತ ವಿಚಿತ್ರ ಹೆಸರಿನ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿ ಪ್ರಚುರಪಡಿಸಿದನು. ನಾಲ್ಕೇ ಪುಟಗಳ ಈ ಸಣ್ಣ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ವಾಚಕನಿಗೆ

ತಿಳಿಯಪಡಿಸಿದ್ದು ಏನೆಂದರೆ ಏರಸ್ಟೆಡ್ಡನು (ನಿಖರವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ ಅವರ ಉಪನ್ಯಾಸದ ಸಭಾಸದಸ್ಯರಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬಾತನು) ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯುನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುವ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಹತ್ತಿರ ಇಟ್ಟರೆ ಸೂಜಿಯು ಬಾಗುವುದು ಎಂದು ಕಂಡನು ಎಂಬುದು.

ಇದಾದ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದಲ್ಲೇ ಮತ್ತೊಂದು ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತವೆ ಎಂದು ಗಣ್ಯ ಫ್ರೆಂಚ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಆಂಡ್ರೆ ಮಾರಿ ಆಂಪೇರ್ (1775–1836) ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

ಹೀಗಾಗಿ ಕಾಂತಗಳು ಇತರ ಕಾಂತಗಳ ಮೇಲೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಮೇಲೂ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತವೆ, ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಇತರ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಮತ್ತು ಕಾಂತಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತವೆ.

ಈ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನೂ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಘಟನೆಗಳನ್ನೂ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರದ ಭಾವನೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಚ್ಚುಕಟ್ಟಾಗಿ ವಿವರಿಸಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳೂ, ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಮತ್ತು ಕೃತಕ ಕಾಂತಗಳೂ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ ಎಂದು ನಾವು ಸಮರ್ಥಿಸಲಿದ್ದೇವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವಾಸ್ತವಿಕತೆಯನ್ನು, ಅಂದರೆ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಂದು ವಿಧದ ದ್ರವ್ಯ ಎಂಬುದನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ. ಈಗ ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ಕ್ಷೇತ್ರವೆಂಬುದು ಒಂದು ಅನುಕೂಲವಾದ ಭಾವ ಮಾತ್ರ ಅಷ್ಟೇ ಬೇರೇನೂ ಅಲ್ಲ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಒಂದು ತೆರೆಯ ಹಿಂದೆ ಬಚ್ಚಿಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಅದರಿಂದಾಗುವ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಅದು ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಇದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವಿರುವಾಗ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿದ ವ್ಯೂಹಗಳೇ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರಿಸುವುವು, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಗಳ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತದೆ. ಕಾಂತತೆಯನ್ನು

ವ್ಯಾಸಂಗಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಸಂಶೋಧಕನ ಎದುರಿಗೆ ಏಳುವ ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆ ಎಂದರೆ, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವಿರುವ ಅವಕಾಶವನ್ನು "ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ" ನೋಡುವುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನಾವು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದಾಗ, ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದೆವು. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನಿರೂಪಣೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಹೇಗೆ ಮುಂದುವರಿಯೋಣ ?

ಸರ್ವಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಸಣ್ಣದಾದ ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು ಬಹಳ ತೊಡಕಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತಿರುಗುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಗುಣವಿವರಣೆಗೆ ಸೂಜಿಯ ಚಲನೆಯನ್ನು ಆಗ ಕೊಡಕೂಡದು. ಮೊದಲಿಗೆ, ಅದರ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವು ತೋರಿಸುವ ದಿಕ್ಕನ್ನು, ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕಾಂತೀಯ ಕಾಯಗಳಾಗಲಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಅದರ ತುದಿಯು ತೋರಿಸುವ ದಿಕ್ಕನ್ನು, ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಬಲಗಳ ರೇಖೆಗಳ ಮೂಲಕ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಅನುಕೂಲಕರವಾಗಿ ರೂಪಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ್ದೇವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಬಾಗುವ ಕಡೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ರೇಖೆಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಬಲದ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿಯೂ ನಾವು ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯಬಹುದು. ತಡೆಯಿಲ್ಲದೆ ತಿರುಗುವ ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ತುದಿಯು ಬಲರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ "ತೀವ್ರತೆ"ಯ ಮಾನಕ್ಕೆ ಯಾವುದನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು ? ಒಂದು ಸರಳವಾದ ಸಲಕರಣೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲದ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಉತ್ತಮವಾದ ದಾರಿಯನ್ನು ಹುಡುಕುವುದು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿರು

ವುದು. ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು ಒಂದು ವಿಧದ "ತಾನೇ ತಾನಾದ ವಸ್ತು" ("thing in itself"). ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು ಸಹಾಯದಿಂದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸುವಾಗ ನಾವು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ "ತೀವ್ರತೆ"ಯ ಮಾನ ಮತ್ತು ಸೂಜಿಯು ಗುಣ ವಿವರಣೆಮಾಡುವ ಒಂದು ಮಾನ ಇವೆರಡನ್ನೂ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು ಏರ್ಪಡದೇ ಇರುವುದನ್ನೇ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇಷ್ಟಪಡುವರು. ಎರಡು ಮೊಲಗಳನ್ನು ಅಟ್ಟಿಸಿಕೊಂಡು ಓಡಿದರೆ, ಒಂದೂ ಕೈಗೆ ಸಿಕ್ಕುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಮೊಲವನ್ನು ಮೊದಲು ಹಿಡಿದು ಆಮೇಲೆ ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ಹಿಡಿಯುವುದು ಉತ್ತಮ, ಎಂಬ ನಾಣ್ಣುಡಿಯಂತೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ, ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕೇವಲ ಬಲ ರೇಖೆ ಗಳ ಚಿತ್ರಾಕೃತಿಯನ್ನು ರೂಪಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಮಿತಿಗೊಳಿಸುತ್ತೇವೆ. ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ "ತೀವ್ರತೆ"ಯ ಗುಣಾವಲಂಬಿ (qualitative) ಮಾನ ಒಂದನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಆಂಪೇರ್‌ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ಪರ್ಯಾಲೋಚಿ ಸೋಣ. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯು ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿ ಯಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುವುದೆಂದು 1820ರಷ್ಟು ಹಿಂದೆಯೇ ಆಂಪೇರ್ ಕಂಡುಹಿಡಿ ದಿದ್ದನು. ಅದಾಗಿ, ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯು ಹೇಗೆ ತಿರುಗುವುದೆಂದರೆ ಕುಣಿಕೆಯ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು ತಿರುಗುವ ದಿಕ್ಕಿನ ಕಡೆಗೇ ತಿರುಗುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಉದ್ದಕ್ಕೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕುಣಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣ ವಾಗಿ ಹರಿಯುತ್ತಿದ್ದಾಗ ನೀವು ಕಾಣುವ ಕುಣಿಕೆಯ ಮುಖವು ಉತ್ತರ ಧ್ರುವದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ.

ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಹಾಗಲ್ಲದೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯು ಅದರ ಲಕ್ಷಣ ನಿರ್ದೇಶ ಮಾಡುವುದು ಕಷ್ಟವಾದ ವಿಷಯವೇನೂ ಅಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ, ಕುಣಿಕೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ ಮತ್ತು ಈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಕ್ಕೆ ಲಂಬ ರೇಖೆಯ ದಿಕ್ಕು ಇವುಗಳಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ

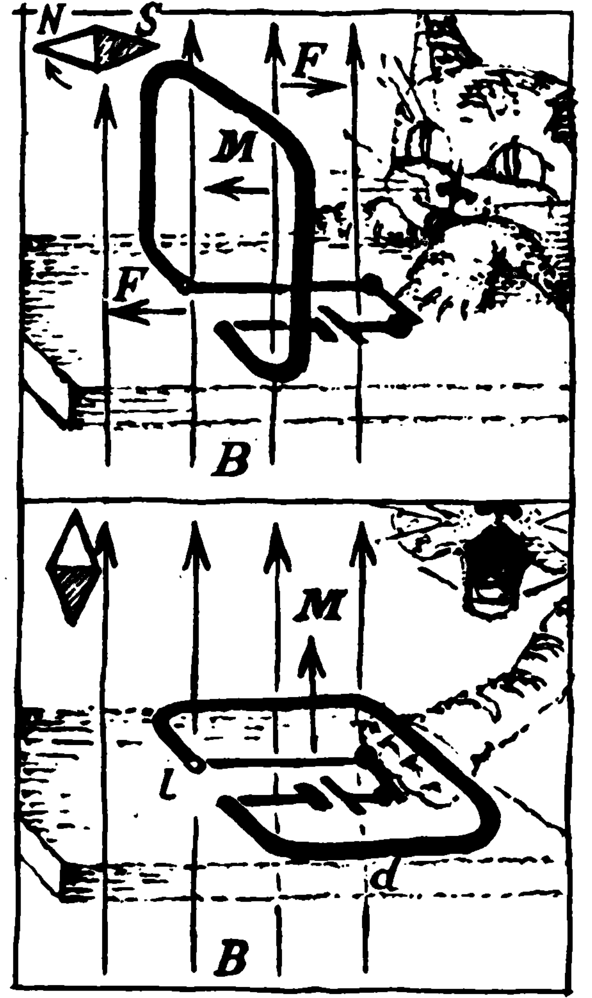
ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು. ಇಂತಹ ಕುಣಿಕೆಯು ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಸಲಕರಣೆಯಾಗುವುದು ಎಂದು ನಾವು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

ಹೀಗೆಂದು, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ "ತೀವ್ರತೆ"ಯ ಮಾನವಾಗಿ ಬಳಸಲು ನಿರ್ಧರಿಸೋಣ. ಈ ಸಲಕರಣೆಯು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಅನುಕೂಲಕಾರಿಯೆಂದು ಭಾವಿಸಲು ಏನೂ ಕಾರಣವಿಲ್ಲ. ಕುಶಲನಾದ ಸಂಶೋಧಕನು ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವುಳ್ಳ ಒಂದು ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ಮಾಡಿ, ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಆಗುವ ಸುತ್ತುವಿಕೆಯನ್ನು ಒಂದು ಅಂಶಾಂಕಿತ ಸ್ಪ್ರಿಂಗಿನ ಸಂಕೋಚನದಿಂದ ಪ್ರತಿಭಾರಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸುಲಭವಾದ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬಲ್ಲನು.

ಮೊದಲಿಗೆ, ಒಂದು ಅಪ್ರತ್ಯಸ್ತ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರೀಕ್ಷಾ ಕುಣಿಕೆಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷೆ ಮಾಡೋಣ.

ಈ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ದೊರಕುವ ಫಲಿತಾಂಶವು ಹೀಗಿರುವುದು : ಬಲದ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ಕುಣಿಕೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮಾನುಪಾತೀಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ, ಪರೀಕ್ಷಾ ಕುಣಿಕೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧದಿಂದಲೇ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುವುದೇ ಹೊರತು, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಒಂದೊಂದರಿಂದಲೇ ಅಲ್ಲ ಎಂದು ನಿರ್ಧಾರಪಡುವುದು.

ಈ ಗುಣಲಬ್ಧದ ಜೊತೆಗೆ, ಕುಣಿಕೆಯ ಲಂಬರೇಖೆಯು ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಹೇಗೆ ನೆಲಸಿದೆ ಎಂಬುದೂ ಗೊತ್ತಿರಬೇಕು. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ಕುಣಿಕೆಯು ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಕುಣಿಕೆಯು ಅದರ ಧನ ಲಂಬರೇಖೆಯು, ಅಂದರೆ ಅದರ ಉತ್ತರಮುಖದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವು, ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಹಾಗೆ ನೆಲಸಿದ್ದರೆ, ಕುಣಿಕೆಯು ಇದೇ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಉಳಿಯುವುದು (ಬಲದ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿದೆ). ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 3.1ರ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಕುಣಿಕೆಯು ಅದರ ಲಂಬರೇಖೆಯು ಬಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವಂತೆ ನೆಲಸಿದ್ದರೆ



ಚಿತ್ರ 3.1

(ಚಿತ್ರ 3.1ರ ಮೇಲ್ಭಾಗ), ಬಲದ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ಪರಮಾವಧಿ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದು.

ಮೇಲಿನ ವಿವರಣೆಯಿಂದ, ಈಗ ಒಂದು ಹೊಸ ಭಾವವನ್ನು ಮುಂದಿಡುವುದು ಸೂಕ್ತವೆಂದು ಕಂಡುಬರುವುದು. ನಾವು ಇಷ್ಟರಲ್ಲೇ ಕಾಣುವಂತೆ ಈ ಭಾವವು ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು **ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕಶಕ್ತಿ** (magnetic moment) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವ M ಎಂಬ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು (ಚಿತ್ರ 3.1ನ್ನು ನೋಡಿ). ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ I ಮತ್ತು

ಕುಣಿಕೆಯು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ $A = ld$ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳ ಲಾಗುವುದು. ಅಂದರೆ

$$M = IA$$

A ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವು ಕುಣಿಕೆಯು ಸಮತಲದ ಧನ ಲಂಬರೇಖೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು.

ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ಒಂದು ಉಪಕರಣ ನಮಗೆ ಈಗ ಲಭಿಸಿದೆ. ಪರೀಕ್ಷಾ ಕುಣಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿ ರುವ ಬಲದ ಪರಮಾವಧಿ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಇದು ಬಹಳ ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುವುದು.

ಕ್ಷೇತ್ರದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಹೋಗುವುದ ರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲಗಳನ್ನು ಕದಲಿಸುವುದರಿಂದಲೋ ಅಥವಾ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸು ವುದರಿಂದಲೋ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡಿಸುವುದರಿಂದಾಗಲಿ, ಪರೀಕ್ಷಾ ಕುಣಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾದ F ಬಲಗಳ ಯುಗ್ಮದ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಲಬ್ಧವಾಗುವುವು. ಬಲದ ಪರಮಾವಧಿ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು :

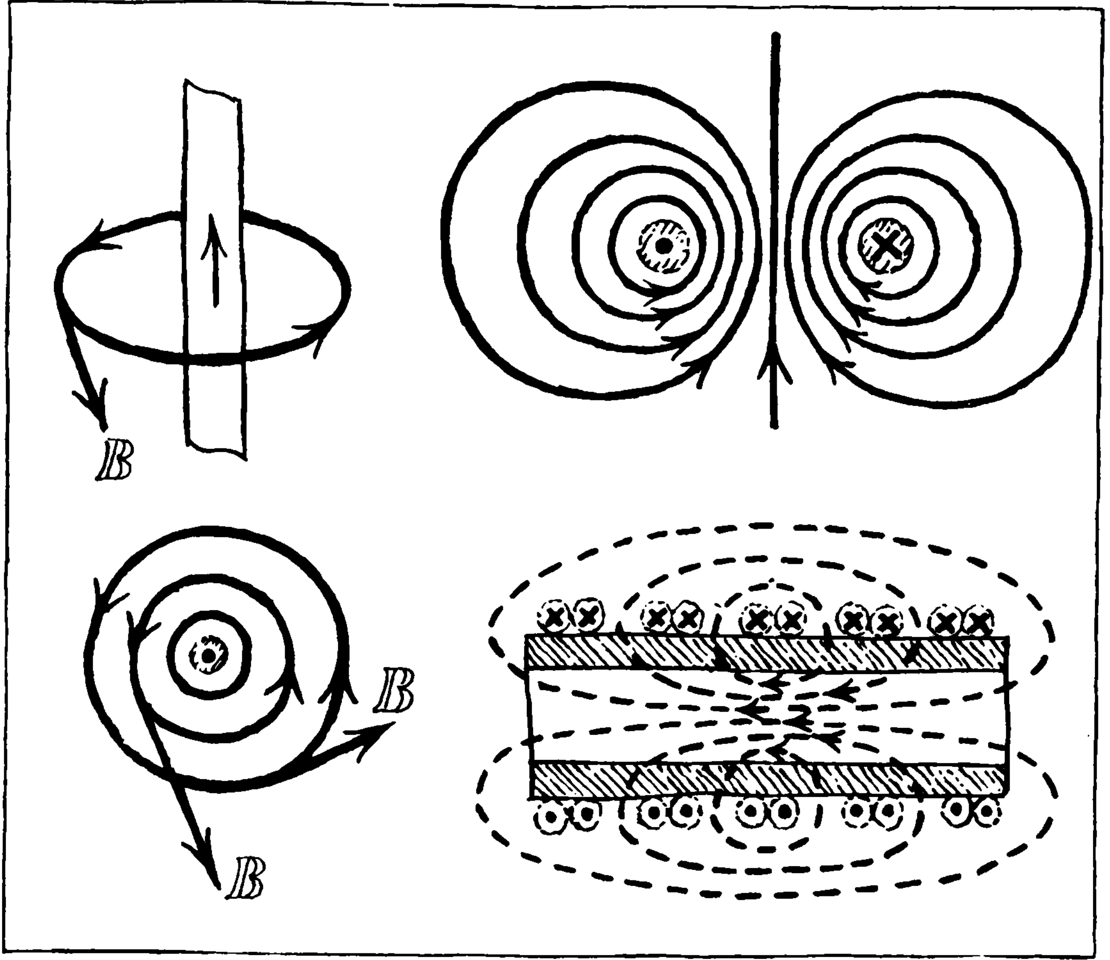
$$N = BM$$

ಇಲ್ಲಿ B ಎಂಬುದು ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮಾನವಾಗಿ ನಾವು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವ ಒಂದು ಪರಿಮಾಣ. ಇದಕ್ಕೆ **ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಹೀಗಾಗಿ, ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆಯು ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಪರೀಕ್ಷಾ ಕುಣಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲದ ಪರಮಾವಧಿ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ, ಅಂದರೆ, ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಏಕಮಾನ ದಲ್ಲಿನ ಅವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು B ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮಾನುಪಾತೀಯವಾಗಿರುವುದಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. B ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವು ಬಲ ರೇಖೆಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ದಿಕ್ಕು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ, ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಹಳೆಯ ಸ್ನೇಹಿತ ಬಲದ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳೆಲ್ಲಾ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳು. ಯೋಚನೆ ಮಾಡಿ ನೋಡಿದಲ್ಲಿ, ಈ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ, ವೇಗ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ, ಬಲ ಮುಂತಾದ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಂದ ಬೇರೆ ವಿಧದವುಗಳು ಎಂದು ಹೇಳಬೇಕಾಗುವುದು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯ ಮೂಲಕ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ಕಾಯದ ವೇಗ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವು ಆ ಕಾಯದ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ಮತ್ತು ಬಲದ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಆಕರ್ಷಣೆ ಅಥವಾ ವಿಕರ್ಷಣೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳಲ್ಲಿ, ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣದ ಸಂಕೇತವಾಗಿರುವ ರೇಖೆಯ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಬಾಣದ ಮೂತಿಯು ವಾಸ್ತವವಾದ ಮತ್ತು ನಿಜವಾದ ಅರ್ಥವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಹೊಸ ಪರಿಚಯಸ್ಥಗಳು ಮತ್ತು ಬಲದ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ವಿಷಯವಾದರೋ, ಇವುಗಳು ಬೇರೆ ಬಣ್ಣದ ಕುದುರೆಗಳು. ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಭ್ರಮಣೆಯ ಅಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ತೋರಿಸುವುವು. ಒಂದು ಭ್ರಮಣೆಯ ಅಕ್ಷದ ಸಂಕೇತವಾಗಿರುವ ಒಂದು ರೇಖೆಯ ಒಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿಯಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಮತ್ತೊಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಾಗಲಿ ಬಾಣದ ಮೂತಿಯನ್ನು ಇಡುವುದು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ನಮ್ಮ ಇಚ್ಛಾನುವರ್ತಿಯಾದುದು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಹಾಗಾದರೂ, ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳ ದಿಕ್ಕಿನ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಒಪ್ಪಂದಕ್ಕೆ ಬರುವುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಒಂದು ಭ್ರಮಣೆಯ ಅಕ್ಷದ "ತುದಿ"ಯಲ್ಲಿನ ಬಾಣದ ಮೂತಿಗೆ ಅರ್ಥವೇ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ ಭ್ರಮಣೆಯ ದಿಕ್ಕು ಒಂದು ವಾಸ್ತವಿಕ ಅರ್ಥವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಇದನ್ನೇ ಬಾಣದ ಮೂತಿಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ನಾವು ಬಾಣದ ಮೂತಿಯನ್ನು ಎದುರಿನಿಂದ ನೋಡುವಾಗ ಭ್ರಮಣವು ಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿಯೋ ಇರುವ ಹಾಗೆ ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ಬಾಣದ ಮೂತಿಯನ್ನು ಇಡಲು ಒಪ್ಪಂದವಾಗಿದೆ. ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಎರಡನೆಯದನ್ನು ರೂಢಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ.

ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಈ ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳಿಗೆ ಸ್ವಯಂಭಾವ ಪ್ರದರ್ಶಕ



ಚಿತ್ರ 3.2

ವಾದ ಹೆಸರುಗಳಿವೆ : **ಧ್ರುವೀಯ** (polar) **ಮತ್ತು ಅಕ್ಷೀಯ** (axial) **ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳು.**

ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವ್ಯೂಹಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಿಯಾದ ಮೇಲೆ ಈ ಮುಂದಿನ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. ಕಾಂತಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ : ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಲ ರೇಖೆಯೂ ಆರಂಭವಾಗುವ ಒಂದು ಉತ್ತರ ಧ್ರುವ ಮತ್ತು ಅದು ಕೊನೆಯಾಗುವ ಒಂದು ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವ.

ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಕಾಂತದ ಒಳಗಡೆ ಬಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಏನಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇಂತಹ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ (ಚಿತ್ರ 3.2) ಈ ಮುಂದಿನ ನಿಯಮವನ್ನು ನಾವು ಮನಗಾಣುತ್ತೇವೆ : ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ವರ್ತುಲಾಕಾರವಾಗಿವೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವಾಹಕವನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದಿವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಾಹಕವನ್ನನುಸರಿಸಿ ನೋಡಿದರೆ, ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಪ್ರದಕ್ಷಿಣ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ನಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಿಂದು ಅಥವಾ X ಎಂಬ ಗುರುತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಅಥವಾ ನಮ್ಮನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಹೋಗುವ ಕಡೆಗೆ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನಮೂದಿಸುತ್ತದೆ (ಇದು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಅಂಗೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ).

ಸೂತ್ರದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವಂತೆ, ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಆಂಪೇರುಗಳು ಮತ್ತು ಕುಣಿಕೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದಲ್ಲಿನ ಚದರ ಮೀಟರುಗಳು ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧದಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆಯ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ **ಟೆಸ್ಲ** (tesla) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಒಂದು ಟೆಸ್ಲವು (T) 1 ಕಿ.ಗ್ರಾಂ/$(A{-}s^2)$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತಗಳಿಂದಲೂ ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಮೇಲೆ ಮತ್ತು ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತವೆ. ಯಾವುದೇ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಸಂಶೋಧಕನು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಭಾವವನ್ನು ಬಳಸಲು ಇಷ್ಟಪಡದಿದ್ದರೆ, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಭಾಗವಹಿಸಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ವಿಧದ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನೂ ನಾಲ್ಕು ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸಬಹುದು. ಇವು ಯಾವುವೆಂದರೆ : ಕಾಂತೀಯ, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಕಾಂತದ ಮೇಲೆ ಮತ್ತೊಂದು ಕಾಂತದ ಕ್ರಿಯೆ; ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಕಾಂತದ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕ್ರಿಯೆ; ಕಾಂತೀಯ ವೈದ್ಯುತ, ಅಂದರೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಮೇಲೆ ಕಾಂತದ ಕ್ರಿಯೆ; ಮತ್ತು ಕೊನೆಯ

ದಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಗತಿಕ, ಅಂದರೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮೇಲೆ ಮತ್ತೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕ್ರಿಯೆ.

ಈ ಪರಿಭಾಷೆಯನ್ನು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಕಾಂತವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಒಯ್ಯುವ ಕುಣಿಕೆಯು ಚಲಿಸುವಂತಿದ್ದರೆ, ಇಂತಹ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಕಾಂತೀಯ ವೈದ್ಯುತ ವೆಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಗತಿಕ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಏಕಮಾನದ ಆಧುನಿಕ ನಿರ್ದೇಶನಕ್ಕೆ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿರುವುದು. ಈ ನಿರ್ದೇಶನವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ : ಒಂದು **ಆಂಪೇರ್** ಎಂಬುದು, ಅನಂತ ಉದ್ದವೂ, ಗಣನೀಯವಲ್ಲದ ಅಡ್ಡ ಕೊಯ್ತವೂ ಇರುವ ಎರಡು ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಸರಳರೂಪದ ವಾಹಕ ಗಳನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಒಂದು ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರು ವಂತೆ ಇಟ್ಟಾಗ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಉದ್ದದ ಪ್ರತಿ ಮೀಟರಿಗೂ 2×10^{-7} ನ್ಯೂಟನ್ ಮೊತ್ತದ ಬಲವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವಷ್ಟು ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಅಂಗೀಕೃತವಾಗಿರುವ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಮಾನಪದ್ಧತಿ ಯಲ್ಲಿ (SI), ಆಂಪೇರು ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ಏಕಮಾನ. ಇದನ್ನನುಸರಿಸಿ, ಒಂದು ಕೊಲಾಂಬು ಒಂದು **ಆಂಪೇರ್–ಸೆಕೆಂಡು** ಎಂದು ನಿರೂಪಿಸಲಾಗುವುದು. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವೇ ಮೂಲಭೂತ ಏಕಮಾನವಾಗಿ, ಅದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣದಲ್ಲಿ ಸಂಚಯಿತವಾಗುವ ಬೆಳ್ಳಿಯ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಮೂಲಕ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಪದ್ಧತಿಯನ್ನೆ ನಾನು ಇಷ್ಟಪಡುತ್ತೇನೆ ಎಂದು ವಾಚಕನಲ್ಲಿ ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇನೆ. ಆದರೇನು, ಮಾಪನಶಾಸ್ತ್ರ ತಜ್ಞರೇ ಇದನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಬಲ್ಲವರು. ಮೇಲಿನ ನಿರ್ದೇಶನವು ಯೋಗ್ಯತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ತೋರುವುದು, ಆದರೂ ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗತಿಕ ಬಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡು ವುದು ಅಷ್ಟೇನೂ ಸುಲಭವೆಂದು ನನಗೆ ತೋರುವುದಿಲ್ಲ.

ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮೇಲೆ

ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲದ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ (ಇದನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ತಡೆದು ಚರ್ಚಿಸಲಾಗುವುದು) ಹೇಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಎಂಬುದು ಗೊತ್ತಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವುವು ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ವಾಚಕನೇ ತೀರ್ಮಾನಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಒಂದು ಏಕರೂಪದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮಗಳು

ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಇರುವುದನ್ನು ಗುರ್ತಿಸುವ ಯಾವುದೇ ಸಲಕರಣೆಯ ಮೇಲೆ ಅದರ ಪ್ರಭಾವವು ಕ್ಷೇತ್ರದ ಎಲ್ಲಾ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು **ಏಕರೂಪದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ**ವೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಇಂತಹ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಬಹುದು. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ಧ್ರುವಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಹತ್ತಿರ ಇದ್ದಷ್ಟೂ ಮತ್ತು ಕಾಂತದ ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ ಕೊನೆ ಮುಖಗಳು ದೊಡ್ಡವಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಏಕರೂಪದ್ದಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಮೇಲೆಯೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯ ಮೇಲೆಯೂ ಆಗುವ ಒಂದು ಏಕರೂಪ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ನಾವು ಆಗಲೇ ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದೇವೆ : ಪ್ರತಿಭಾರಮಾಡುವ ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್ ಇಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ, ತಮ್ಮ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವಂತೆ ಅವು ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ನೆಲೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ "ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವು" ಕಾಂತದ "ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವ"ದ ಕಡೆಗೆ ತಿರುಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಹೀಗೆಯೂ ಹೇಳಬಹುದು : ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲ ರೇಖೆಗಳೊಡನೆ ಸಾಲುಗೂಡುತ್ತದೆ.

ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ಇಂತಹ ಪರಿಣಾಮವೊಂದು ಇರುವುದು ಮತ್ತು ಅದು ಸಣ್ಣ ಪರಿಮಾಣ

ದ್ದೇನೂ ಅಲ್ಲ, ಎಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುದು ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭ. ಶಾಲೆಯ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುವ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಲಾಳದಾಕಾರದ ಕಾಂತವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತುಪಾಕಿಯಿಂದ ಉಂಟಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ತರಬೇಕು. ಆಗ ಪ್ರದೀಪ್ತ ತೆರೆಯ ಮೇಲಿನ ಹೊಳೆಯುವ ಚುಕ್ಕೆಯು ಕದಲುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ನಾವು ಕಾಂತವನ್ನು ಚಲಿಸಿದಹಾಗೆಲ್ಲಾ ಅದೂ ಸ್ಥಳ ದಿಂದ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ.

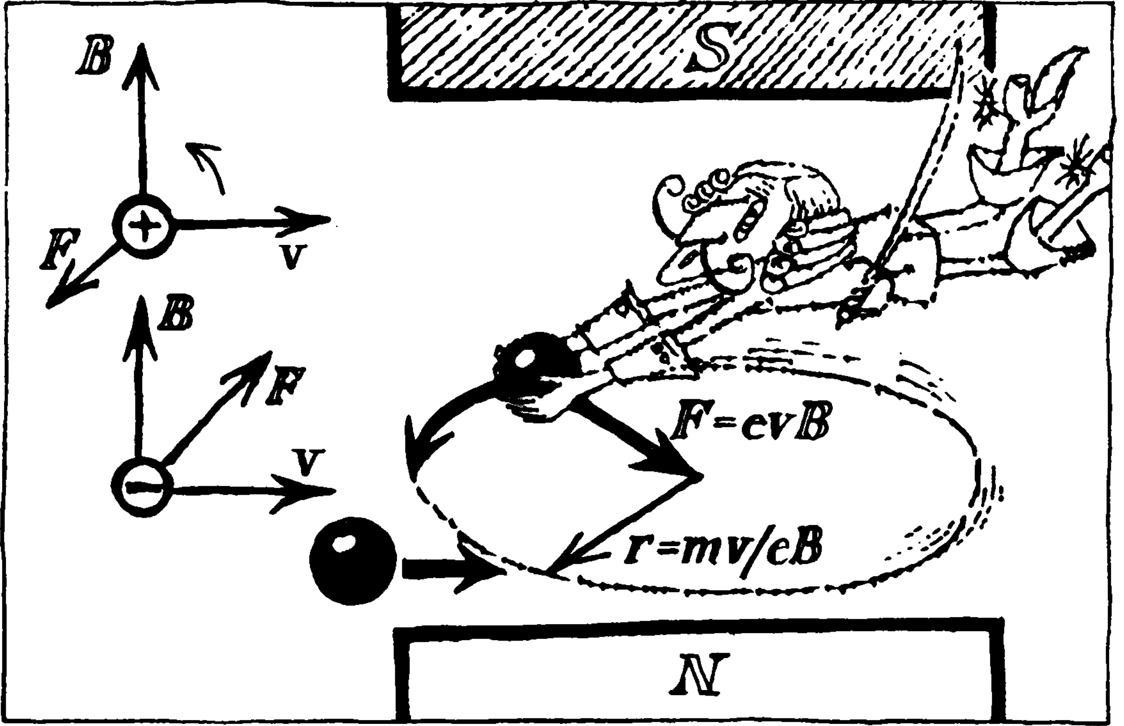
ಈ ಸಂಭವದ ಗುಣಾವಲಂಬಿ ಪ್ರದರ್ಶನದಿಂದ ನಾವು ಒಂದು ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಮುಂದುವರಿಯೋಣ. ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆ B ಉಳ್ಳ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು v ವೇಗದೊಡನೆ ಬಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಮಾಡುವ ಬಲವು

$$F = evB$$

ಆಗಿರುವುದು ಎಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ e ಕಣದ ವಿದ್ಯುದಂಶವಾಗಿರುವುದು (ಈ ನಿಯಮವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೇ ಅಲ್ಲದೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು).

ಆದರೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣವು ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಬಲ ರೇಖೆಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ಚಲಿಸುವಾಗ, ಕಣದ ಮೇಲೆ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವೇನೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಒಂದು ಕೋನದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಣದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬರೆಯುವುದು ತ್ರಿಕೋನ ಮಿತಿಯ ಪರಿಚಯವುಳ್ಳ ವಾಚಕನಿಗೆ ಕಷ್ಟವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಮುಂದೆ ಅವಶ್ಯಕವಾಗದೇ ಇರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಗ್ರಂಥವನ್ನು ಗೊಂದಲಗೊಳಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲದ ದಿಕ್ಕಿನ ವಿಚಾರ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದಾದರೂ ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ಇನ್ನೂ ನಾವು ಏನನ್ನೂ ಹೇಳಿಲ್ಲ. ಈ ಬಲವು ಕಣದ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆಯ ದಿಕ್ಕು ಎರಡಕ್ಕೂ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಅಂದರೆ, v ಮತ್ತು B ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದು.



ಚಿತ್ರ 3.3

ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪದಕವೂ ಎರಡು ಪಕ್ಕಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿ ಅವು ಹೇಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಟ್ಟಿರುವುವು ? ಒಂದು ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅದು ಮತ್ತೊಂದರೊಡನೆ ಸರಿಹೊಂದುವಂತೆ ತಿರುಗಿಸಬೇಕಾಗಿರುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ. *v* ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು *B* ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣದ ಕಡೆಗೆ 180° ಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಕೋನದ ಮೂಲಕ ತಿರುಗಿಸುವುದು ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ನಾವು ಧನ ಲಂಬರೇಖೆಯ ಕಡೆಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತೇವೆ.

ಚಿತ್ರ 3.3ರಲ್ಲಿನ ಸರಳವಾದ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳ ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳು ತೋರಿಸುವುದೇನೆಂದರೆ : ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣವು ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದಾಗಿ ಧನ ಲಂಬರೇಖೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಬಾಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಬಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಳಕ್ಕೆ ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಹಾರುವ ಒಂದು

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಈ ನಿಯಮದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ (ಚಿತ್ರ 3.3ರ ಬಲ ಭಾಗದಲ್ಲಿ). ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅನುಸರಿಸುವ ಪಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಿ. ಅದು ಒಂದು ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದೇನೋ ಸರಿ. ಕ್ಷೇತ್ರವು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲವು ಒಂದು ಅಭಿಕೇಂದ್ರೀಯ ಬಲ ಮತ್ತು mv^2/r ಮತ್ತು evB ಇವುಗಳನ್ನು ಸಮೀಕರಿಸಿ ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯವು

$$r = \frac{mv}{eB}$$

ಆಗಿರುವುದು. ಒಂದು ಕಣದ ಗುಣಗಳನ್ನು ಅದರ ವರ್ತನೆಯಿಂದ ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಆದರೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗ ಸಿಕ್ಕಿಬಿದ್ದಿದ್ದ ತೊಡಕಿನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಪುನಃ ನಾವು ಸೇರಿದ್ದೇವೆ. ಕಣದ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಇವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ ! ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ e/m ಅನುಪಾತವನ್ನೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದೆ.

ಹೀಗೆ, ಒಂದು ಕಣವು ತನ್ನ ವೇಗ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ, ತಾನು ಒಂದು ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ; ವೇಗವು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಇದ್ದರೆ, ಕಣವು ಜಡತ್ವದ (inertia) ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅದು ಏನು ಮಾಡುವುದು ? ನಿಮ್ಮ ಉತ್ತರವು ಸಿದ್ಧವೇ ಆಗಿರುವುದಷ್ಟೆ. ಕಣವು ಬಲ ರೇಖೆ ಒಂದನ್ನು ಅಕ್ಷವಾಗುಳ್ಳ ಒಂದು ಕುಂಡಲಿನಿಯಲ್ಲಿ (helix) ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಳಕ್ಕೆ ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಆರಂಭದ ಕೋನವನ್ನವಲಂಬಿಸಿ, ಕುಂಡಲಿನಿಯು ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಅಥವಾ ಸಡಿಲವಾಗಿ ಸುತ್ತಲ್ಪಟ್ಟ ಸುರುಳಿಸುತ್ತುಗಳಿಂದ (ಕುಂಡಲಿಗಳಿಂದ) ಆಗಿದೆ.

ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕಣದ ಮೇಲೆ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತಿರುವ ತಂತಿಯ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ತುಂಡಿನ ಮೇಲೆಯೂ ಅದು ಬಲ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಬೇಕು. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣ

ಜಾಲದ l ಉದ್ದದ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಈ ಭಾಗದಲ್ಲಿ n ಕಣಗಳಿವೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿ. ಅದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕಣಗಳು ಅದೇ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅದೇ ಉದ್ದವುಳ್ಳ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ಬಲವು $nevB$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕಾಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುದಂಶಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ನಮ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು l ಪಥದೂರ ಚಲಿಸುವ τ ಎಂಬ ಕಾಲಾವಧಿಯು

$$\tau = \frac{l}{v}$$

ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು

$$I = \frac{ne}{\tau} = \frac{nev}{l}$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಬರುವ

$$v = \frac{Il}{ne}$$

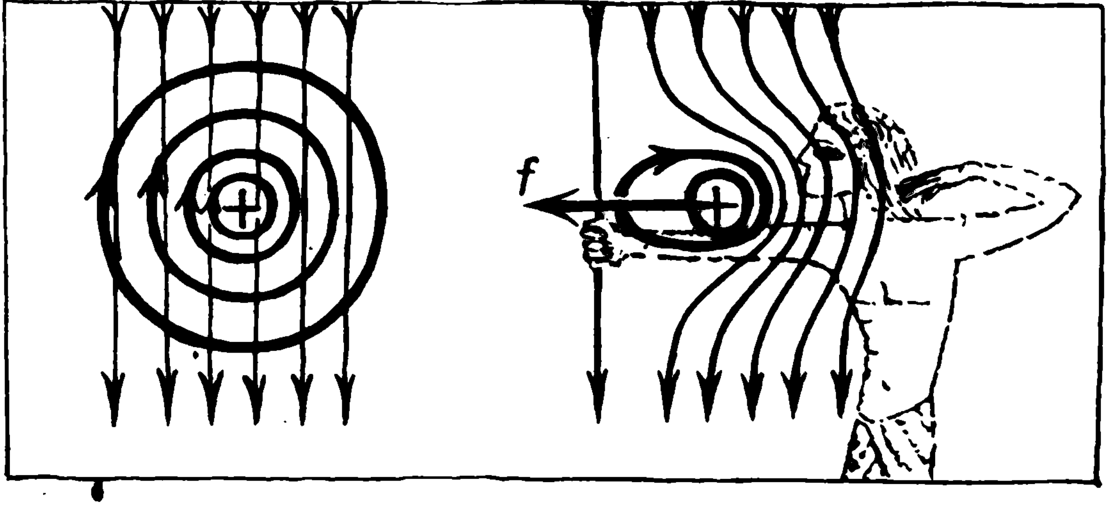
ಎಂಬ ವೇಗವನ್ನು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲದ ಒಂದು ಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ಬಲದ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಆದೇಶ ಮಾಡಿದರೆ l ಉದ್ದವಿರುವ ವಾಹಕದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲವು ಲಭಿಸುತ್ತದೆ :

$$F = IlB$$

ಇದು ತಂತಿಯು ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವಾಗ ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುವ ತಂತಿಯು ಬಾಗುವ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಚಿತ್ರ 3.3ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ನಕ್ಷೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

19ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಶ್ರಮಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಸಂಶೋಧಕರಿಗೆ ಮನ್ನಣೆ ಕೊಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಚಿತ್ರ 3.4ನ್ನು ಸೇರಿಸಿದ್ದೇನೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಈ ನಕ್ಷೆಯು ಕೇವಲ ಬೌದ್ಧಿಕ ಆಸಕ್ತಿಯ ವಿಷಯವೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ



ಚಿತ್ರ 3.4

ಗಳ ಬಾಗುವಿಕೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಇದು ಸಹಾಯಕವಾಗುವುದು. ನಮ್ಮನ್ನು ಅಗಲಿ ಹೋಗುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉಂಟಾದ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಹೊರಗಿನ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಂದಿಗೆ ಹೇಗೆ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ರೇಖಾಚಿತ್ರವು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸೇರಿಕೆಯ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಬಲಗಡೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಸೆಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಈಥರ್ ಎಂದೂ ಮತ್ತು ಅವು ದ್ರವ್ಯದ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ ಎಂದೂ ಭಾವಿಸಿದರೆ (ಇದು ಹಿಂದಿನ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ನೆಲಸಿದ್ದ ದೃಷ್ಟಿಕೋನ) ವಾಹಕದ ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವಂತೆ ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು : ಕ್ಷೇತ್ರವು ವಾಹಕವನ್ನು ಆಚೆಗೆ ತಳ್ಳುವುದು.

ಇದಾದ ಮೇಲೆ, ಒಂದು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೇಲೆಯೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಗಿಸುತ್ತಿರುವ ವಾಹಕದ ಒಂದು ತುಂಡಿನ ಮೇಲೆಯೂ ಆಗುವ ಪರಿಣಾಮವು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಪರಿಣಾಮಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಾವು ಚರ್ಚಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿದ ವಿದ್ಯಮಾನವೇ ಆಗಿರುವುದು ಎಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತೇವೆ.

ಚಿತ್ರ 3.1ಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ಅದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಗಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕುಣಿಕೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ಬಲಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಕ್ಷೇತ್ರ

ದೊಂದಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದಿರುವ ತಂತಿಯ ಭಾಗಗಳ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಬಲಗಳೂ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇತರ ಎರಡು ಭಾಗಗಳ ಮೇಲೆ ಬಲ ಯುಗ್ಮವು ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿದೆ. ಈ ಬಲ ಯುಗ್ಮದ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಬಲ ಮತ್ತು ಯುಗ್ಮ ಬಾಹು ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು :

$$N = IlBd = IAB = MB$$

ಎಂದು ನಕ್ಷೆಯಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವುದು.

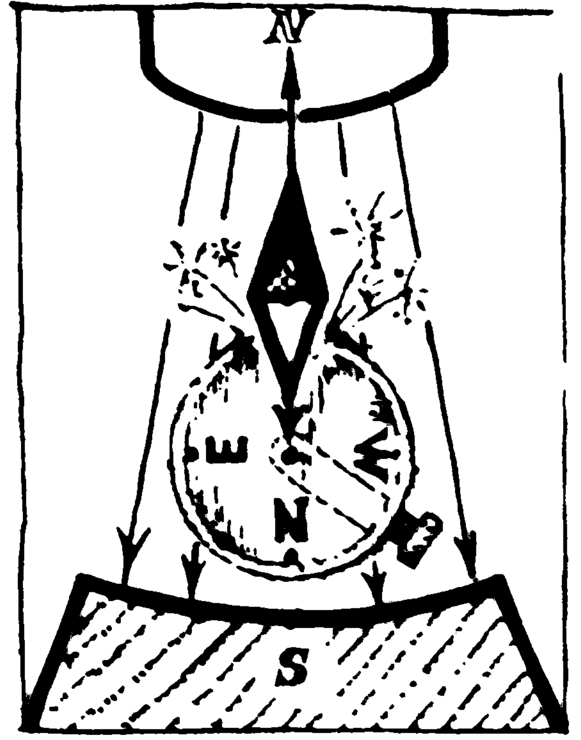
ಆದ್ದರಿಂದ, ಬಲದ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕುಣಿಕೆಯ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸುವುದು ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲದ್ವ ಸಮೀಕರಣದಿಂದಲೇ ನೇರವಾಗಿ ಉಪಲಬ್ಧವಾಗುತ್ತದೆ.

ನಾವು ಈ ವಿಭಾಗವನ್ನು ಆರಂಭಿಸಿದ $F = evB$ ಎಂಬ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ **ಲಾರೆಂಟ್ಸ್ನ ಸಮೀಕರಣ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದನ್ನು 1895ರಲ್ಲಿ ಮಂಡಿಸಿದ ಹೆಂಡ್ರಿಕ್ ಆನ್‌ಟೂನ್ ಲಾರೆಂಟ್ಸ್ (1853–1928) ಎಂಬ ಡಚ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಹೆಸರನ್ನು ಇದಕ್ಕೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮಗಳು

ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವುದು ಬಹಳ ಸುಲಭ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಚಿತ್ರ 3.5ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಹಾಗೆ ಧ್ರುವಗಳ ಮುಖಗಳಿಗೆ ವಕ್ರವಾದ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು. ಆಗ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಪಥಗಳು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಇರುತ್ತವೆ.

ಧ್ರುವಗಳು ಒಂದರಿಂದೊಂದು ಸಾಕಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿವೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿ ಮತ್ತು ಒಂದು ಧ್ರುವದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯನ್ನು ಇಡಿ. ಮೊದಲೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ಇಂತಹ ಒಂದು ಸೂಜಿಯು, ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ, ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಬಹುದು, ಅಲ್ಲದೆ ಸುತ್ತಲೂಬಹುದು. ಒಂದು ಸೂಜಿಯು ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯ ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕಾಣುವುದು



ಚಿತ್ರ 3.5

ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏಕರೂಪವಾಗಿರುವಾಗ ಮಾತ್ರ. ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕ್ಷೇತ್ರವಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧದ ಚಲನೆಗಳೂ ಸಂಭವಿಸಬಹುದು. ಸೂಜಿಯು ಬಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅನು ಸಾರವಾಗಿರುವಂತೆ ತಿರುಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ಧ್ರುವದ ಕಡೆಗೆ ಆಕರ್ಷಿತವಾಗುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ 3.5). ಕ್ಷೇತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗಿರುವ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಅದು ಸೆಳೆಯಲ್ಪಡು ತ್ತದೆ. (ಚಿತ್ರಕಾರನು ಇದನ್ನು ಅತಿಮಾಡಿದ್ದಾನೆ; ಅತ್ಯಂತ ತೀವ್ರವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ದಿಕ್ ಸೂಚಿಯನ್ನು ಎರಡಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದು ಅಸಂಭವ).

ಈ ವರ್ತನೆಗೆ ಕಾರಣವೇನು ? ಒಂದು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಸೂಜಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವುದು ಬಲ ಯುಗ್ಮ ಒಂದೇ ಅಲ್ಲ ಎನ್ನುವುದೇ ಕಾರಣ. ಒಂದು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಸೂಜಿಯ ಉತ್ತರ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ "ಬಲಗಳು" ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಕ್ಷೇತ್ರದ ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗಿರುವ ಪ್ರದೇಶವಲ್ಲಿರುವ ತುದಿಯು ಹೆಚ್ಚು ದೊಡ್ಡದಾದ ಬಲಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಸೂಜಿಯು ತಿರುಗಿ

ಯಾದ ಮೇಲೆ, ಬಲಗಳು ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿರುವ ಕ್ರಮವು ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಇರುವುದು. ಕ್ಷೇತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗಿರುವ ಕಡೆಗೆ ಬಲದ ಆಧಿಕ್ಯವು ಪ್ರಯೋಗ ವಾಗುವುದು.

ಬಹಳ ತೆಳುವಾದ ತಂತಿಯ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯೂ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದೇನೋ ನಿಜ. ಎರಡು "ಧ್ರುವಗಳ"ನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಸೂಜಿಯ ಮಾದರಿಯಿಂದ ನಾನು ಆರಂಭಿಸಿದುದರಲ್ಲಿ ನನ್ನ ಉದ್ದೇಶವು ಹೆಚ್ಚು ಚಿತ್ರಾತ್ಮಕ ನಿರೂಪಣೆ ಕೊಡುವುದೇ ಆಗಿದ್ದಿತು.

ಹಾಗಾದರೆ, ನಮ್ಮ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮವು ಯಾವುದು ? ಬಲವು ಯಾವುದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ? ಪ್ರಯೋಗ ಗಳೂ ಮತ್ತು ಗಣನೆಗಳೂ ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುದೇನೆಂದರೆ, *M* ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ವ್ಯೂಹಕ್ಕೆ, ಈ ಬಲವು ವ್ಯೂಹದ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯ (ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆ) ಹೆಚ್ಚುವರಿಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ಇಳುಕಲು ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧವಾಗಿರುವುದು.

ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು ಒಂದು ಬಲ ರೇಖೆಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಿ. ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಉತ್ತರ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವಗಳು ಇರುವ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಧ್ರುವ ಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಒಂದು ರೇಖೆಯನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರ ರೇಖೆ ಯನ್ನು ಗುರುತುಮಾಡೋಣ. ಸರಳತೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಧ್ರುವಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿನ ನಿಜವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರ ರೇಖೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆಯೋಣ, ಸೂಜಿಯು ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣದಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಅಂದರೆ ಅದರ ಧ್ರುವಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಹತ್ತಿರದಲ್ಲಿದ್ದಷ್ಟೂ, ನಮ್ಮ ಸನ್ನಿಕಟತೆಯು ಅಷ್ಟೂ ನಿಖರವಾಗಿರುವುದು. ರೇಖೆಯ ಇಳುಕಲು, ಅಂದರೆ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಸರಳ ರೇಖೆಯು ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕಿನ ಅಕ್ಷದೊಂದಿಗೆ ಮಾಡುವ ಕೋನದ ಸ್ಪರ್ಶಕ ಜ್ಯಾವು (tangent) ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಯ ಮೌಲ್ಯಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಸೂಜಿಯ ಉದ್ದ ಇವುಗಳ ಭಾಗಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಅಂದರೆ

$$F = M \frac{(B_N - B_S)}{l}$$

ಇದರಲ್ಲಿ l =ಸೂಜಿಯ ಉದ್ದ; B_N ಮತ್ತು B_S – ಇವುಗಳು ಸೂಜಿಯ ಉತ್ತರ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿನ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆಗಳು (ಒಂದು ಕೋನದ ಸ್ಪರ್ಶ ಜ್ಯಾವು ಒಂದು ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ ಮೊತ್ತವಾಗಿರುವುದಕ್ಕಾಗಿ ವಿಸ್ಮಯಪಡಬೇಡಿ).

ಈ ಭಿನ್ನರಾಶಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ನಮ್ಮ ಗಮನದಲ್ಲಿರುವ ಕಣವು ನೆಲೆಸಿರುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ವಕ್ರರೇಖೆಗೆ ಸ್ಪರ್ಶಿಯಾಗಿರುವ ಸರಳ ರೇಖೆಯ ಇಳುಕಲು ಕೋನದ ಸ್ಪರ್ಶಕ ಜ್ಯಾದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಬಳಸಿದರೆ, "ಧ್ರುವಗಳು ಮಾಯವಾಗುತ್ತವೆ" ಮತ್ತು ಸೂತ್ರವು ಯಾವ ಕಣಕ್ಕಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕಣಗಳ ವ್ಯೂಹಕ್ಕಾಗಲಿ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿದ ಒಂದು ವ್ಯೂಹ ಅಥವಾ ಕಣವು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ದಿಕ್ಕನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ, ಬಲರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೋ ಅಥವಾ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೋ ಇದ್ದರೆ ಒಂದು ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ, ಅಥವಾ ಅವುಗಳಿಂದ ವಿಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನ ಕಡೆಗೆ ತೋರಿಸಿ ಇರಬಹುದೇ ? ಇರಲೇಬಹುದು ! ಇದು ಸಂಭವಿಸುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ನಾವು ಕೆಳಗೆ ಚರ್ಚಿಸಲಿರುವೆವು.

ಆಂಪೇರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು

ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದವರೆಗೂ, ಒಂದು ಭೌತಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮುಂದಿಡುವುದು ಕಷ್ಟವಾದ ವಿಷಯವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಕಾಯವು ಬಿಸಿಯಾದರೆ, ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಕ್ಯಾಲೊರಿಕ್ ಒಳಗೊಂಡಿದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ. ಒಂದು ಔಷಧಿಯು ನಿಮ್ಮನ್ನು ಬಹಳ ಬೇಗ ನಿದ್ರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ನಿದ್ರಾಜನಕ ಶಕ್ತಿ ಇದೆ. ಕಬ್ಬಿಣದ ಅದಿರುಗಳಿಂದ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ದಂಡಗಳು ಉತ್ತರದ ಕಡೆಗೆ

ತೋರಿಸುವುವು. ವಿಚಿತ್ರವರ್ತನೆ, ಆದರೂ ಇಂತಹ ದಂಡಗಳೂ ಮತ್ತು ಸೂಜಿಗಳೂ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಚೇತನವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳಿದರೆ ಸಾಕು, ಅದನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಕಾಂತ ಸೂಜಿಗಳು ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದಿಂದ ಸಮುದ್ರ ಪ್ರಯಾಣಿಕರುಗಳಿಗೆ ಒಳ್ಳೆಯ ಸೇವೆಸಲ್ಲಿಸಿವೆ ಎಂದು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿದೆ. ಆದರೂ ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಅವುಗಳು ಮೋಸಗೊಳಿಸಿವೆ. ಆದರೇನಂತೆ; ಏನೂ ಸಮಸ್ಯೆ ಇಲ್ಲ: ಅದು ದುಷ್ಟ ದೆವ್ವಗಳ ಕಾರ್ಯ! ಹೀಗೆಯೇ ಕಬ್ಬಿಣ, ಉಕ್ಕು ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳನ್ನು ಕಾಂತತೆಯುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿ ಮಾಡಬಹುದು ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಚೇತನವನ್ನು (ಅಥವಾ ಆತ್ಮವನ್ನು) ಅವುಗಳಿಗೆ ಆರೋಪಿಸಬಹುದಾದ ಕಾಯಗಳು.

ಏರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ಮತ್ತು ಆಂಪೇರ್ ಇವರುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ನಂತರ ವೈದ್ಯುತ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಸೇತುವೆಯನ್ನು ಕಟ್ಟಬಹುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿತು. ಒಂದು ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಎರಡು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಗೆ ಒಂದೇ ಸಮವಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಬೆಂಬಲವಿದ್ದಿತು. ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ದ್ರವ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ತಂತಿಯು ಒಂದು ಕಾಂತವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ ಎಲ್ಲವೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು. ಆಂಪೇರ್‌ನು ಬೇರೊಂದು ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟನು. ಕಬ್ಬಿಣದ ಅದರುಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಚೇತನವು ಸೂಕ್ಷ್ಮಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಎಂದು ವಾದಿಸಿದನು.

ಆಂಪೇರ್‌ನ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಮಂಜಸವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ವಿಶೇಷವಾದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯೇನೂ ದೊರಕಲಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಪೂರ್ವಾರ್ಧದಲ್ಲಿ, ಇಂತಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ನಿಜವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗುವುದು ಎಂದು ಯಾರೂ ಕನಸಿನಲ್ಲಿಯೂ ಎಣಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. ವಿಶ್ವವು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕೂಡ ಅವರು ಸಂದೇಹಿಸಿದರು.

ಆದರೆ ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ, ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವಿಶ್ವವು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದಲೂ, ಪರ

ಮಾಣು ಬೀಜಗಳಿಂದಲೂ ರಚಿತವಾಗಿವೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟ ಅತಿಚಾತುರ್ಯದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಒಂದು ಪರಂಪರೆಯನ್ನೇ ನಡೆಸಿದ ಮೇಲೆ, ಆಂಪೇರ್‌ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ವಾಸ್ತವಿಕತೆಯು ಒಂದು ನಿಜವಾದ ವಿಷಯವೆಂದೂ ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಯತ್ನಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎಂದೂ ಅಂಗೀಕರಿಸಲಾಯಿತು. ಆಂಪೇರ್‌ನು ಸೂಚಿಸಿದ್ದ "ಆಣವಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು" ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಸುತ್ತಲಿನ ಚಲನೆಯಿಂದ ಏರ್ಪಡುವುದು ಎಂದು ಬಹುಮಂದಿ ವೈಜ್ಞಾನಿಕರು ಒಪ್ಪಿದರು.

ಈ ಭಾವನೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಾಂತೀಯ ಸಂಭವಗಳಿಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು; ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಆರೋಪಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣದ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಡಿಸಲು ನಮಗೆ ಹಕ್ಕಿದೆ.

ಕೊನೆಯ ಈ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವುದು ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭ.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ r ತ್ರಿಜ್ಯವುಳ್ಳ ಒಂದು ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕಾಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುದಂಶಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು $I=Ne$, (ಇದರಲ್ಲಿ N ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಆವರ್ತನೆಗಳು) ಅಷ್ಟರ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು, ಕಣದ ವೇಗಕ್ಕೂ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಆವರ್ತನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ $v=N\times 2\pi r$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು. ಆಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು

$$I=\frac{ve}{2\pi r}$$

ಎಂದು ಆಗುವುದು. ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು **ಕಕ್ಷೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ** (orbital moment) ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು ಸಹಜವಾಗಿರುವುದು. ಅದು

$$M = IA = \frac{ve}{2\pi r}\pi r^2 = \frac{1}{2}evr$$

ಇದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಕಣದ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವು $L = mvr$ ಆಗಿರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ವಾಚಕನ ನೆನಪಿಗೆ ತರುತ್ತೇವೆ (ಪುಸ್ತಕ 1 ನೋಡಿ). ಇದರಿಂದ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳೆರಡಕ್ಕೂ, ಪರಮಾಣು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾದ ಈ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದು ಹೊರಪಡುವುದು :

$$M = \frac{e}{2m}L$$

ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವು ಎಂದು ಸಿದ್ಧವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿವರಿಸಲಾಗದ ವಿವಿಧ ಕ್ರಮಗಳಿಂದ ವಿವಿಧ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪರಮಾಣು ಅನಿಲವನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಅನಿಲ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿರುವ ಎರಡು ಸೀಳುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಜಲಜನಕ, ಲಿಥಿಯಂ, ಬೆರಿಲಿಯಂ ಮುಂತಾದವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಿರಣಜಾಲಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು. ಅವುಗಳನ್ನು ಸಮರೂಪವಲ್ಲದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ಕಿರಣ ಜಾಲದ ಕುರುಹನ್ನು ಒಂದು ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ನಾವು ಪ್ರಕೃತಿಗೆ ಹಾಕುವ ಪ್ರಶ್ನೆ ಇದು : ಪರಮಾಣುಗಳ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಬಾಗುವುದೇ, ಬಾಗಿದರೆ ಹೇಗೆ ?

ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ಕಕ್ಷೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದು ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಹಾಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಪರಮಾಣುವು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಡೆಗೆ ಬಾಗುತ್ತದೆ. ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರ ಇವುಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳು

ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವು ಒಂದು ದುರ್ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಡೆಗೆ ಬಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಗುವಿಕೆಯ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಪುಟ 160ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲಕ್ಕಾಗಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವಂತಹದೇ ಆದ ಒಂದು ಸೂತ್ರದಿಂದ ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ನಮಗೆ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ತೋಚುವುದೇನೆಂದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿ ಇರುತ್ತವೆ ಎಂದು. ಹೀಗಿರುವುದಾದರೆ, ಕಿರಣಜಾಲದ ಕುರುಹು ಮಸಕಾಗಿರುವುದೆಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಲಭಿಸಿದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬೇರೆಯಾಗಿಯೇ ಇದ್ದವು. ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಿರಣಜಾಲವು ಯಾವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿಯೂ ಮಸಕಾಗಿರುವುದೇ ಇಲ್ಲ; ಅದು ಪರಮಾಣುಗಳು ಎಂತಹವು ಎಂಬುದನ್ನನುಸರಿಸಿ ಎರಡು, ಮೂರು, ನಾಲ್ಕು ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಘಟಕಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಒಡೆಯುವುದು ಯಾವಾಗಲೂ ಸಮರೂಪತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಕೆಲವು ವೇಳೆ, ಕಿರಣಜಾಲದ ಘಟಕಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಾಗದೆ ಇರುವ ಕಿರಣಜಾಲವೂ ಇರುವುದು, ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಬಾಗದೇ ಇರುವ ಕಿರಣಜಾಲವಿರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಕಿರಣಜಾಲವು ಒಡೆಯುವುದೇ ಇಲ್ಲ.

ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾದ ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಮೊದಲಿಗೆ ತಿಳಿದುಬರುವುದೇನೆಂದರೆ, ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಒಂದು ಸಂವೃತ್ತ–ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಅದನ್ನು ಅಲ್ಪವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಮತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಹೋಲಿಸಬಹುದು: ಸಂವೃತ್ತ–ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಂತೆ, ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಆರೋಪಿಸಬಹುದು. ಇದಲ್ಲದೆ, ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆಯ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣದ ದಿಕ್ಕಿನೊಂದಿಗೆ ಕೆಲವು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ಕೋನಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಮಾಡಬಲ್ಲುದು. ಅಂದರೆ ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಗಳು ಕ್ವಾಂಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ಈ ವಿಷಯುಗಳನ್ನು ಸವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಮುಂಗಡವಾಗಿಯೇ ನಿರೂಪಿಸಿದ್ದುದು ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ವಿಜಯುವೇ ಆಗಿದ್ದಿತು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಯಿಂದುಂಟಾದ (ಈ ಚಲನೆಗಳನ್ನು ಕಕ್ಷೀಯ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು*) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯೂ ಮತ್ತು ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವೂ ಪ್ರತಿಸಮಾಂತರವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯುಬಹುದು :

$$L_z = m\frac{h}{2\pi} \quad \text{ಮತ್ತು} \quad M_z = m\mu_B$$

ಇದರಲ್ಲಿ $m = a\ 0, 1, 2, 3....$ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಒಂದು ಪೂರ್ಣಾಂಕ; $h/2\pi =$ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗದ ಪ್ರಕ್ಷೇಪದ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಮೌಲ್ಯ; ಮತ್ತು $\mu_B =$ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಕ್ಷೇಪದ ಕನಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯ ಎಂಬುದಾಗಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಹೊರಪಡುವುದು. h ಮತ್ತು μ_B ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುಬಹುದು.

$h = 6.62 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್-ಸೆ ಮತ್ತು $\mu_B = 0.93 \times 10^{-20}$ ಎರ್ಗ್/Gಸೆ.

ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮುಖ್ಯವಾದ ಈ ನಿಯತಾಂಕಗಳಿಗೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಸ್ಥಾಪಕರಾದ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಹೆಸರನ್ನೇ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ ಎಂದು ಇಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ : h ಎಂಬುದು ಜರ್ಮನ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಕಾರ್ಲ್ ಅರ್ನ್‌ಸ್ಟ್ ಲುಡ್ವಿಗ್ ಪ್ಲಾಂಕ್ (1858–1947) ಎಂಬಾತನ ಹೆಸರಿನ **ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನ ನಿಯತಾಂಕ** ಮತ್ತು μ_B ಎಂಬುದು ಡೆನ್ಮಾರ್ಕಿನ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ನೀಲ್ಸ್ ಹೆನ್ರಿಕ್ ಡೇವಿಡ್ ಬೋರ್ (1885–1962) ಎಂಬಾತನ ಹೆಸರಿನ **ಬೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್** ಎಂಬ ನಿಯತಾಂಕ.

ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಆಧಾರ ಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣುಗಳ

---

* ಈ ಹೆಸರಿಗೆ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಮೂಲವಿದೆ : ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ಸೌರವ್ಯೂಹವನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯಿಂದ ಆರಂಭವಾಯಿತು.

ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳು ಒಡೆಯುವ ವಿವಿಧ ರೀತಿಗಳಿಗೆ ಸಮಗ್ರವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲು ಸಾಕಾಗಲಿಲ್ಲ. ಅತ್ಯಂತ ಸರಳರೂಪದ ಮೂಲಧಾತು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕೂಡ ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದವು. ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಇನ್ನೊಂದು ಬಹುಮುಖ್ಯವಾದ ಆಧಾರಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಸೇರಿಸುವುದು ಅವಶ್ಯಕವಾಯಿತು. ಇದನ್ನು ಆಗಲೇ ಒಂದು ಸಲ ಸೂಚಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಅದೇನೆಂದರೆ : ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಅದರದೇ ಸ್ವಂತವಾದ (ಆಂತರಿಕ) ಭ್ರಮಣ (spin) ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಸರಿಹೋಗುವ ಆಂತರಿಕ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಆರೋಪಿಸುವುದು (ಆಮೇಲೆ ತಿಳಿದು ಬಂದಂತೆ, ಇದನ್ನು ಯಾವುದೇ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಕ್ಕೂ ಮಾಡಬಹುದು). ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಗೆ ಹೋಲಿಸುವುದು ಏಕೆ ಅನಿವಾರ್ಯ ಎಂಬುದನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು, ನಾವು ಮೊದಲು ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ಇನ್ನೂ ವಿವರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

ಪರಮಾಣುವಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮೇಘ

ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಯ ಫಲವಾಗಿ, ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ನೋಡುವ ಸದವಕಾಶವು ಯಾವತ್ತಾದರೂ ದೊರಕಬಹುದೆಂದು ಕೂಡ ಆಶಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರ ಕಾರಣವು ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಯಾವುದನ್ನಾದರೂ "ನೋಡ" ಬೇಕಾದರೆ, ಮೊದಲು ಅದರ ಮೇಲೆ "ಬೆಳಕು ಬೀಳಿಸಬೇಕು". ಆದರೆ "ಬೆಳಕು ಬೀಳಿಸುವುದು" ಎಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಿಧದ ಕಿರಣದ ಶಕ್ತಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಬೇಕು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಎಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿದೆ ಎಂದರೆ, ಅದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಉಪಕರಣದಿಂದಾಗುವ ವಿರುದ್ಧ ಕ್ರಿಯೆಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ತಾನು ಮೊದಲಿದ್ದ ಸ್ಥಳದಿಂದ ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ಕದಲುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು.

ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಾವು ಈಗ ವಾಚಕನಿಗೆ ತಿಳಿಯ

ಪಡಿಸಲಿರುವ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಸಮಾಚಾರಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ, ದ್ರವ್ಯದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ರಚನೆಯ ಸಮಂಜಸವಾದ ಸಮಗ್ರ ಸಿದ್ಧಾಂತವೂ ಕೂಡ ತಾತ್ವಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಬಂದವುಗಳೇ ಹೊರತು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾದವುಗಳಿಂದ ಅಲ್ಲ. ಹಾಗಾದರೂ ಅವುಗಳ ಸಪ್ರಮಾಣತೆಯಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಪೂರ್ಣ ನಂಬಿಕೆ ಇದೆ. ಅದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೆಂದರೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದ ಮತ್ತು ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ತಾತ್ವಿಕ ನಿರೂಪಣೆಗಳಿಂದ ಉಪಲಬ್ಧವಾದ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು. ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ರಚನಾಕ್ರಮದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪಾತಕಿಯು ಬಿಟ್ಟು ಹೋದ ಜಾಡುಗಳಿಂದ ಅಪರಾಧದ ಚಿತ್ರ ಒಂದನ್ನು ಷರ್ಲಾಕ್ ಹೋಮ್ಸ್‌ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿ ಭರವಸೆ ಮೂಡುವಂತೆ ಮಾಡಿದ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿಯೇ ದೃಢಪಡಿಸುವೆವು.

ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ರಚನೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಇತರ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳು ಮುಂಗಡವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದೇ ನಮ್ಮ ಭರವಸೆಗೆ ದೊಡ್ಡ ಆಧಾರ.

ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್‌ನ ಆವರ್ತಕ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿನ ಒಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಮೂಲ ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅದರ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ವಿದ್ಯುದಂಶ, ಅಥವಾ ಅದೇ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸೇರಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲದೆ ಮತ್ತೇನೂ ಅಲ್ಲ ಎಂದು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಜಲಜನಕದ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್, ಹೀಲಿಯಂನ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು, ಲಿಥಿಯಂನಲ್ಲಿ ಮೂರು, ಬೆರಿಲಿಯಂನಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು, ಹೀಗೆ ಇರುತ್ತವೆ.

ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಲ್ಲಾ ಹೇಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಸುಲಭವಾದುದೇನೂ ಅಲ್ಲ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವು ಸರಿಸುಮಾರಾದ ನಿಖರತೆಯುಳ್ಳದ್ದು. ಕಷ್ಟಗಳು ಏರ್ಪಡುವುದು ಏಕೆಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಬೀರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದೊಂದಿಗೆ ಮಾತ್ರವಲ್ಲ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಣೆಯು (ಒಂದನ್ನೊಂದು ಬಿಟ್ಟು ಸರಿಯುವುದು) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದೊಂದಿಗೆ ಇರುವ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದಾಗುವ ಚಲನೆಗಿಂತ ಬಹಳ ಸಣ್ಣ

ಪ್ರಮಾಣದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿರುವುದು ಒಂದು ಸುಯೋಗ. ಈ ಸನ್ನಿವೇಶದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಯ ಸ್ವಭಾವದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರುವುದು ಸಾಧ್ಯ.

ಪ್ರಕೃತಿಯು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೂ ಅದು ಸಂಚರಿಸುವ ಒಂದು ಅವಕಾಶ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದೆ. ಅವುಗಳ ಆಕೃತಿಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಈ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ***s, p, d*** ಮತ್ತು ***f*** ಎಂಬ ಅಕ್ಷರಗಳಿಂದ ನಮೂದಿಸಲಾದ ಪಂಗಡಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸಿದೆ.

ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಸರಳವಾದುದು *s*–ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ "ಕೊಠಡಿ". ಅದು ಒಂದು ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಪದರ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಬಹುಕಾಲ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಪದರ ಮಧ್ಯ ದಲ್ಲಿರುವುದೆಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂತಹ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒಂದರ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ಮಾತೂ ಬಹಳ ಒರಟಾದ ಸುಲಭರೂಪಣ.

p–ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಂಚರಿಸುವ ಅವಕಾಶ ಪ್ರದೇಶವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬೇರೆ ಯಾಗಿರುವುದು. ಅದು ವ್ಯಾಯಾಮಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಡಂಬೆಲ್ ಆಕೃತಿ ಹೊಂದಿರುವುದು. ಇತರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪಂಗಡಗಳು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕಾದ ನೆಲೆಯ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್ ಕೋಷ್ಟಕದಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೂಲಧಾತುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೊಂದು ಜಾತಿಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಎಷ್ಟೆಷ್ಟು ಇವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಲ್ಲುದು (ಆದರೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನೂ ಬಳಸಿ ಕೊಂಡರೆ ಮಾತ್ರ).

ಅವುಗಳ ಚಲನೆಯ ಮಾದರಿಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಹಂಚಿಕೆ ಮಾಡುವುದು, ನಾವು ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ ***K, L, M,*** ...ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಹಂಚಿಕೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆಯೆ ? ಹೌದು, ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ, ಬಹಳ ನೇರವಾಗಿ. ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಇವೆರಡೂ ತೋರಿಸಿಕೊಡುವುದು ಏನೆಂದರೆ : ***K***-ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು *s*-ಮಾದರಿಯವೇ ಆಗಿರಬೇಕು;

L-ಮಟ್ಟದವು *s*- ಮತ್ತು *p*-ಮಾದರಿಯವುಗಳು ಮಾತ್ರ; *M*-ಮಟ್ಟದವು *s*-, *p*- ಮತ್ತು *d*-ಮಾದರಿಯವುಗಳು, ಮುಂತಾಗಿ.

ಪರಮಾಣುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ರಚನಾಕ್ರಮವನ್ನು ನಾವು ಹೆಚ್ಚು ವಿವರವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಲು ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ; ಕೋಷ್ಟಕದ ಮೊದಲನೆಯ ಐದು ಮೂಲಧಾತುಗಳ ರಚನಾಕ್ರಮದ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕೊಡುತ್ತೇವೆ. ಜಲಜನಕ, ಹೀಲಿಯಂ, ಲಿಥಿಯಂ ಮತ್ತು ಬೆರಿಲಿಯಂ ಇವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ *s*-ಮಾದರಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರುವುವು. ಬೋರಾನಿನ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು *s*-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಗಳೂ ಒಂದು *p*-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೂ ಇರುವುವು.

s-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಂಚರಿಸುವ ಅವಕಾಶ ಪ್ರದೇಶದ ಗೋಳೀಯ ಸಮರೂಪ ತೆಯು ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರುವ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಸಂಶಯಕ್ಕೀಡುಮಾಡುವುದು. ವಾಸ್ತ ವಿಕವಾಗಿ, ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವು ಎಲ್ಲಾ ಕಡೆಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಸಮವಾದ ಸಂಭವನೀಯತೆಯೊಡನೆ ವಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲುದಾದುದ ರಿಂದ, ಸರಾಸರಿ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಇಂತಹ ವ್ಯೂಹದ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕೂಡ, ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು. ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನವೂ ಕೂಡ ಸಹಜವಾದ ಇದೇ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ : *s*-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪಡೆದಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಹೀಗಾಗಿದ್ದರೆ, ಮೆಂಡೆಲಿಯೇವ್ ಕೋಷ್ಟಕದ ಮೊದಲನೆಯ ನಾಲ್ಕು ಮೂಲ ಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳು ಒಂದು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ದಲ್ಲಿ ಬಾಗಿರಕೂಡದು. ನಾವು ಕಾಣುವುದು ಹೀಗೆಯೇ ಇರುವುದೇ ? ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಲಿಥಿಯಂ ಇವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಈ ನಿರೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಫಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ ವೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಈ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಿರಣಜಾಲಗಳು ಒಂದು ಅಸಾಧಾರಣ ವಾದ ವಿಚಿತ್ರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ, ಇವೆರಡರಲ್ಲಿಯೂ, ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಿರಣ ಜಾಲವು ಆರಂಭ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಅತ್ತಿತ್ತ ಒಂದೇ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಮತ್ತು ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ಎರಡು ಘಟಕಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯುವುದು. ಇದು ಅಸಂವೇದ್ಯವಲ್ಲವೇ !

ಕಣಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಭ್ರಮಣವು (spin) ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ 1925ರಲ್ಲಿ ಈ ವಿಚಾರ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿತು. ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಘಟನೆಗಳಲ್ಲಿ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಿರುವವುಗಳಲ್ಲಿ ಅದನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದುದರ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಸಾಮ್ಯುಯೆಲ್ ಅಬ್ರಹಾಮ್ ಗೂಡ್‌ಸ್ಮಿಟ್ (ಜ. 1902) ಮತ್ತು ಜಾರ್ಜ್ ಯೂಜೀನ್ ಊಹ್ಲೆನ್‌ಬೆಕ್ (1900–1974) ಇವರುಗಳು ಬಹಿರಂಗ ಪಡಿಸಿದರು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ತನ್ನ ಸ್ವಂತವಾದ ಒಂದು (ಆಂತರಿಕ) ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ ಎಂಬ ಭಾವವನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟು, ಈ ಇಬ್ಬರು ಸಂಶೋಧಕರು ಪರಮಾಣುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಅದುವರೆಗೂ ಬೆಳೆದು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿದ್ದ ಎಲ್ಲಾ ಅಸ್ತವ್ಯಸ್ತತೆಗಳನ್ನೂ ಈ ಹೊಸ ಭಾವನೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿವಾರಿಸಬಹುದೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರು.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಪರಮಾಣು ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳನ್ನು ಸೀಳುಮಾಡುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಆಮೇಲೆ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟವು. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಭ್ರಮಣದ ಭಾವನೆಯು ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ದೊರಕಿದ ವಿಷಯುಗಳಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಲ್ಲುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದ ಮೇಲೆ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅದನ್ನು ಕೊನೆಗೆ ಅಂಗೀಕರಿಸಿದರು.

ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲಾನಂತರ ಆಂತರಿಕ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ ಅಥವಾ ಭ್ರಮಣವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಎಲ್ಲಾ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳೂ ಹೊಂದಿರುವ ಗುಣವೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ಭ್ರಮಣ ಎಂಬ ಹೆಸರು ಮಾನಸಿಕ ಚಿತ್ರರೂಪಣೆಯ ಪ್ರವರ್ತಿಗೆ ಒಂದು ಸಾಕ್ಷಿ ಎಂದು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಘನ ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣವನ್ನಾಗಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಬಳಸಿದಾಗಿನಿಂದ, ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮುಗಳನ್ನು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿ ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಕೋನೀಯ ಆವೇಗದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಆರೋಪಿಸಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಬಂದಾಗ, ಹಲವು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕೂಡಲೇ ತನ್ನ

ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವ ಒಂದು ಕಣದ ಚಿತ್ರಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಬಳಸಲುಪ ಕ್ರಮಿಸಿದರು. ಈ ಋಜು ಭಾವನೆಯು ಸಮರ್ಪಕವಲ್ಲ : ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ಕಣವು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದೂ, ಗಣಿತ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಬಿಂದುವು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದೂ ಅಷ್ಟೇ ಅರ್ಥವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುವು.

ಮಾನಸಿಕ ಚಿತ್ರಣದ ಸಾಧ್ಯತೆಯ ಬೆಂಬಲಿಗರು ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಾನುಸಾರಿತವಾದ ಸಾಕ್ಷ್ಯಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಗಾತ್ರದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಲು ಶಕ್ತರಾದರು. ಇದನ್ನು ಇನ್ನೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಈ ಭಾವನೆಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಗಾತ್ರ ಪರಿಮಾಣವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರಬೇಕು ಎಂದು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರು. ಭ್ರಮಣದ ಮೌಲ್ಯವು ಗೊತ್ತಿದೆ; ಮುಂದಿನ ಪುಟದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಕೊಡುತ್ತೇವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಒಂದು ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು, ಅದರ "ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿರುವ ಬಿಂದುಗಳು" ಎಷ್ಟು ವೇಗದೊಡನೆ ಸುತ್ತುತ್ತಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಅಂದರೆ, ಇಂತಹ ಕಣದ ಭ್ರಮಣದ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಪಟ್ಟುಹಿಡಿದು ನಿಂತರೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.

ಮಾನಸಿಕ ಚಿತ್ರಣದ ಸಾಧ್ಯತೆಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ನಿರಾಕರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದುದೇ ಆದ ಪ್ರಮಾಣವೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯವಾದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕೂಡ ಭ್ರಮಣೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದೆಂಬ ವಿಷಯ. ಈ ಪ್ರಮಾಣವು ಏಕೆ ಅಷ್ಟು ನಿರ್ಧಾರಕವಾದುದು ? ನೀವೇ ವಿಚಾರಮಾಡಿ ತೀರ್ಮಾನಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಗೋಳದ ಆಕೃತಿಯುಳ್ಳ ಒಂದು ಕಣವನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಅದರ ಭ್ರಮಣವು ಆಂಪೇರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹೋಲುವ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬೇಕು. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶೂನ್ಯವಾದ ಒಂದು ಕಣವು ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ ಮತ್ತು

ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳೆರಡನ್ನೂ ಹೊಂದಿದ್ದರೆ (ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ಈ ಗುಣಗಳನ್ನು 4ನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುವುದು), ಆಂಪೇರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸುವ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇ ಏಳುವುದಿಲ್ಲ.

ಪ್ರವಾದಿಯಂತೆ ನಟಿಸಿ, ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ಭ್ರಮಣ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳಿಗೆ, ಇದುವರೆಗೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯದೇ ಇರುವ, ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯಾಪಕವಾದ ನಿಯಮದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೂ ಕೂಡ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಫಲಕಾರಿಯಲ್ಲ. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಮಹಾಮೇಧಾವಿಯಾದ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಪಾಲ್ ಅಡ್ರಿಯನ್ ಮೌರೀಸ್ ಡಿರಾಕ್ (ಜ. 1902) ಎಂಬಾತನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಬಗೆಹರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಸಹ ವಾಚಕರಿಗೆ ಕಲ್ಪಿಸಿ ಕೊಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ; ಅದು ಅಷ್ಟು ಅಮೂರ್ತವಾದುದು. ಆದರೆ, ಈಗಿನ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದು ಕಣದ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ "ಬಾಣ"ಗಳನ್ನು ಮೂಲಭೂತ ಭಾವನೆಗಳು (ಅವುಗಳಿಗಿಂತ ಸರಳವಾದ ಭಾವನೆಗಳಿಗೆ ಇಳಿಸಲಾಗದವು) ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕು.

ಸುಮಾರು ಐವತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ, ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಜನರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಮುಂದಿಟ್ಟ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿದ್ದರು. ಆತನು ಹೀಗೆ ಬರೆದಿದ್ದನು : "ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಭೌತಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಅಥವಾ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಯೂ, ಅದನ್ನು ಗಣನೆಗಳ ಮೂಲಕವೇ ಅಲ್ಲದೆ ಸರಳವಾದ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಚಿತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ವಿಶದಗೊಳಿಸುವಂತಿರಬೇಕು." ಪಾಪ, ಈ ಮಹಾಮೇಧಾವಿಯ ಅಭಿಪ್ರಾಯವು ತಪ್ಪಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಬಹಳ ವರ್ಷಗಳಿಂದಾಗಿ, ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಯಾವುದೇ ದೃಗ್ಗೋಚರವಾದ ಚಿತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಲಾಗದ ಹಾಗೂ ಅಳತೆಮಾಡಲಾಗುವ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ನಿಶ್ಚಿಂತೆಯಿಂದ ಬಳಸುತ್ತಲಿರುವರು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಇತರ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳು "ಧ್ರುವ"ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳಿಗೆ ಆಕೃತಿ ಎಂಬ ಭಾವವು ಅನ್ವಯಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಅಂಗೀಕರಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಬಿಂದು

ಕಣಗಳೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಹಾಗಾದರೂ, ಎರಡು ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣ ಗುಣಗಳನ್ನು, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ (ಭ್ರಮಣ) ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಇವೆರಡನ್ನೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಆರೋಪಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಈ ಎರಡು ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದೇ ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಾಂತರವಾಗಿಯೂ, ಇತರ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಸಮಾಂತರವಾಗಿಯೂ ಇರುವುವು.

ಪುಟ 165ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸೂತ್ರಗಳು ನೈಜ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವುವು ಎಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗದ ಪ್ರಕ್ಷೇಪದ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿನ *m* ಎಂಬುದು $\pm\frac{1}{2}$ ಎಂಬ ಎರಡು ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಿದರೆ, ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಮತ್ತು ಒಂದು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳ ವಿಚ್ಛೇದನ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬಹುದು. ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಕ್ಷೇಪದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿಯೂ, *m* ಪರಿಮಾಣವು ಎರಡು ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರಬಹುದು : ± 1.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಭ್ರಮಣವು $(1/2)$ $(h/2\pi)$ ಎಂಬಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕ ಮೌಲ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಎರಡೇ ದಿಕ್ಕುಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿರಬಹುದು : ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಅಥವಾ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ಭ್ರಮಣವನ್ನೇ ಅನುಕರಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಎರಡೇ ದಿಕ್ ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬಲ್ಲುದು. ಅದರ ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕ ಮೌಲ್ಯವು ಒಂದು ಬೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಾನ್‌ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಈಗ ಪರಮಾಣು ಕಿರಣಜಾಲಗಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ಭ್ರಮಣ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪರಮಾಣು ಕಿರಣಜಾಲದ ವಿಭಜನೆಯ ಎಲ್ಲಾ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳಿಗೂ ಎಷ್ಟು ಸುಲಭವಾಗಿ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತೇವೆ.

ನಿಜವಾಗಿಯೂ, ಹೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಬೆರಿಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಿರಣ ಜಾಲಗಳು ಒಡೆಯುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಹೇಗೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು ? ಹೀಗೆ: ಈ ಪರಮಾಣುಗಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಕಕ್ಷೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಅವುಗಳು s-"ಮಾದರಿ"ಯವು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಭ್ರಮಣಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಅವು ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಹೀಗೆ ಹೇಳುವುದು, ಒಳದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಸಹಜವಾಗಿ ಕಂಡರೂ, ಯಾವ ವಿಷಯದ ಮೇಲೂ ಆಧಾರಪಟ್ಟಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಜೋಡಿಯಲ್ಲಿ ಅವು ತಮ್ಮ ಭ್ರಮಣ ದಿಕ್ಕುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸವಾಗುವುವು ಎಂಬ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಆಸ್ಟ್ರಿಯನ್–ಸ್ವಿಸ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ವುಲ್ಫ್‌ಗ್ಯಾಂಗ್ ಪೌಲಿ (1900–1958) ಎಂಬಾತನ ಹೆಸರು ಪಡೆದ **ಪೌಲಿಯ ಬಹಿಷ್ಕರಣ ಸೂತ್ರ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಎಷ್ಟೊಂದು ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳು ! ಹೌದು, ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯವೇ. ಆದರೆ, ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಅವುಗಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅಂದವಾದ ರಚನೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಎಷ್ಟು ಪರಿಣಾಮಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ ಎಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಒಂದು ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಆರೋಪಿಸಬೇಕು, ಭ್ರಮಣ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ 1/2 ಎಂಬ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕೊಡಬೇಕು ಮತ್ತು ಜೋಡಿಯಾಗಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಭ್ರಮಣಗಳು ಪೌಲಿ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಬದ್ಧವಾಗಿರಬೇಕು ಎಂಬ ಈ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪವೂ ಅನಿಶ್ಚಯತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಯಾವೊಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೂ ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಕಿಂಚಿತ್ತು ಸಂಶಯವೂ ಇಲ್ಲ. ಈ ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳ ಸಮುಚ್ಚಯವೇ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಜಗತ್ತಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸುವುದು.

ನಮ್ಮ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಿರಣಜಾಲಗಳಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ಹೀಲಿಯಂ ಮತ್ತು ಬೆರಿಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಿರಣಜಾಲಗಳಲ್ಲಿ ವಿಭಜನೆ ಏಕೆ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಈಗ ತಾನೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದೇವೆ.

ಆದರೆ, ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಲಿಥಿಯಂಗಳು ಏಕೆ ಬೇರೆ ವಿಧದಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುವುವು ?

ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರುವುದು. ಆದರ ಕಕ್ಷೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಒಂದು s-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್. ಅದರ ಭ್ರಮಣದ ಪ್ರಕ್ಷೇಪವು ಎರಡೇ ಎರಡು ಮೌಲ್ಯ ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬಹುದು : ಧನ 1/2 ಮತ್ತು ಋಣ 1/2, ಅಂದರೆ ಭ್ರಮಣವು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅದನ್ನನುಸರಿಸಿಯಾಗಲಿ ಸಾಲು ಗೊಂಡಿರಬಲ್ಲುದು. ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಕಿರಣಜಾಲವು ಎರಡು ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಸೀಳುವುದು ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ. ಲಿಥಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹೀಗೆಯೇ ಆಗುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಅದರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅವುಗಳ ಭ್ರಮಣಕ್ಕೆ "ಸಮ ಕಾರಕ"ವನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯದು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಒಂಟಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ತಮ್ಮ ಹೊರಗಣ ಕವಚದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಗಳಿಗೆ ಸೇರದ ಒಂಟಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರುವ ಇತರ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವರ್ತಿಸುವುವು.

ಇತರ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪರಮಾಣು ಕಿರಣಜಾಲಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಏಕೆ ಒಡೆಯುತ್ತವೆ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬೇಕಾದರೆ, ಹಲವಾರು ಇತರ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಕೊಡದೆ ನಿರೂಪಿಸಬೇಕು. ಅವು ಗಳಿಗೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಥನೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. s-ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮಾತ್ರ ಕಕ್ಷೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಭ್ರಮಣವು ಅದು ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಏಕಾಕಿಯಾಗಿರುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಪ್ರಕಾಶಕ್ಕೆ ಬರುವುದು ಎಂದಿಷ್ಟು ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಎಲ್ಲಾ ವಿಧದ ಪರ ಮಾಣು ಕಿರಣಜಾಲಗಳ ವರ್ತನೆಗೂ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಈ ಚಿತ್ತಾಕರ್ಷಕ ಅಧ್ಯಾಯ ವನ್ನು ವ್ಯಾಸಂಗ ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ ಎಂತಹ ವಿಪರೀತ ಸಂದೇಹ ಸ್ವಭಾವದವನೂ ಕೂಡ ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಥನೆ ಇಲ್ಲದೆ ಅಂಗೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಎಲ್ಲಾ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳೂ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳೆಂದು ಮನಗಾಣುವನು.

ಬಹುಮಂದಿ ವಾಚಕರಿಗೆ ಈ ಹೇಳಿಕೆಗಳಿಂದ ಅಸಮಾಧಾನವೇರ್ಪಟ್ಟಿರಬೇಕು. ಭ್ರಮಣ ಎಂಬಂತಹ ಒಂದು ಅಪರಿಚಿತ ಭಾವವನ್ನು ಮುಂದಿಡುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಕಿರಣಜಾಲಗಳ ಬಾಗುವಿಕೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಷ್ಟೇ ಸಾಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಗಳ ಸಪ್ರಮಾಣವಾದ ಸಂಭವಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಅಧಿಕಾರವನ್ನು ಕೊಡಲು ನಿರ್ಬಂಧಪಡಿಸುವ ಅಪಾರ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ನಮೂದಿಸುವುದು ಈ ಸಣ್ಣ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವುದಕ್ಕೆ ಏನೂ ಸಂಬಂಧಿಸದೇ ಇರುವ ಕಾಂತೀಯ ಅನುರಣನ (magnetic resonance) ಎಂಬ ವಿದ್ಯಮಾನವು ಇಂತಹ ಸಮರ್ಥನೆಗೆ ಎಷ್ಟು ಬೆಲೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿನ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಭ್ರಮಣವನ್ನು ತಲೆಕೆಳಗುಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ಅವುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಅನುರಣನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವು ಉಪ ಸ್ಥಿತವಾಗಿರುವ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಇವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇನೂ ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಎರಡು ಶಕ್ತಿಗಳ (ಸಮಾಂತರ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಸಮಾಂತರ ವ್ಯವಸ್ಥೆ) ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಅವಶೇಷಿತ ವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದ ಒಂದು ಕ್ವಾಂಟಂಗೆ (ಮೊತ್ತ, ಶಕಲ) ಸಮ ವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿನ ತರಂಗ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಅದು ಗೊತ್ತಾ ಗಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯ ಇವುಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಆಗಿರುವುದೆಂದು ದೃಢಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

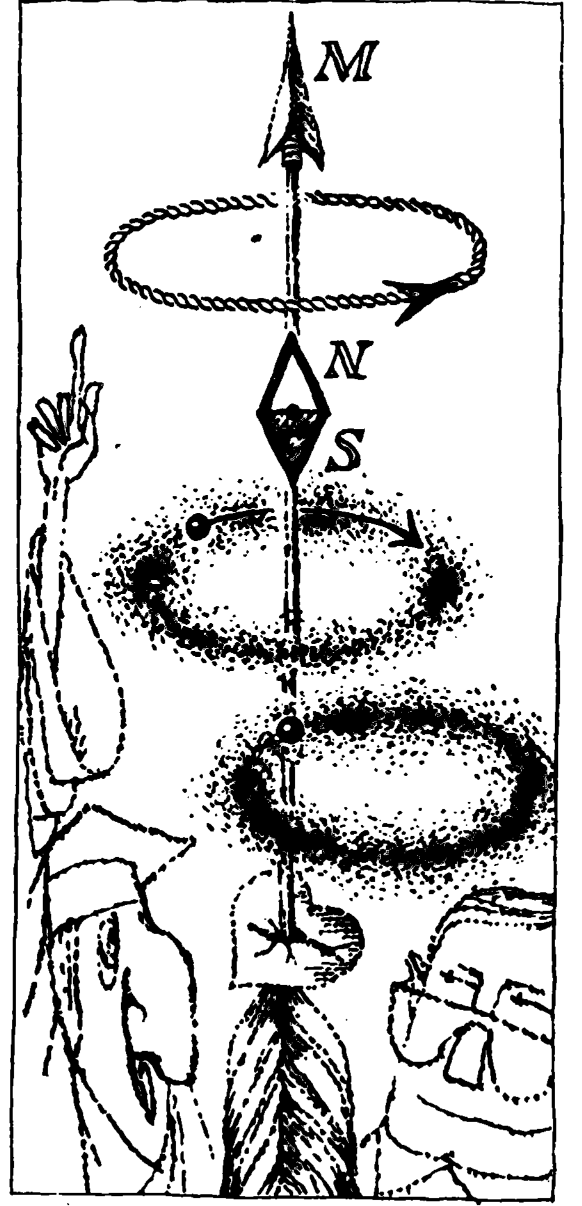
ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವು ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಶಾಖೆಗೆ ಆಧಾರವಾಗಿದೆ : ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅನುರಣನದ ವ್ಯಾಸಂಗ. ಇದೇ ಘಟನೆಗಳು, ಆದರೆ ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ಬೇರೆ ತರಂಗಾಂತರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ, ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ,

ಎಂಬುದು ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ವಿಷಯ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಕಾಂತೀಯ ಅನುರಣನವು ಪದಾರ್ಥಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ರಚನಾ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಮಾರ್ಗವಾಗಿದೆ.

ಮುಂದುವರಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಇರುವಾಗ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರಿಸುವ ವ್ಯೂಹಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ವಿಷಯಗಳನ್ನೂ ಸಂಗ್ರಹ ಮಾಡಿ ಹೇಳುವುದು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದು.

ಮೊದಲಿಗೆ, ಆಂಪೇರ್‌ನ ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗೆ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಮಾತ್ರ ದೊರೆಯಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಬೇಕಾಗಿದೆ : ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಏರ್ಪಡುವುದು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲ. ನೈಜವಾದ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳೂ, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಇತರ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲಗಳು. ಪುಟ 150ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳ ಜಾತಿಗಳ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ವಿಂಗಡಿಕೆಯು ನಿಖರವಾದುದಲ್ಲ. ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದ ಮತ್ತು ಕೃತಕ ಕಾಂತಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು (ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹಗಳೂ ಕೂಡ) ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳೂ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಕಣಗಳಂತೆಯೇ ಇದೇ ವ್ಯೂಹಗಳೂ ಕೂಡ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ತೋರಿಸುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಅದರ ಪರಿಣಾಮಗಳ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪರಿಮಾಣವು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯ ಆಕಾರವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಸೂಜಿಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಪದಾರ್ಥದ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಗೆ ತೊಡಕಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದು, ಆದರೆ ಅದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, ಬೀಜದ ಸುತ್ತ ಅವುಗಳ



ಚಿತ್ರ 3.6

ಚಲನೆಯು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದೋ ಎಂಬಂತೆ (ಈ "ಎಂಬಂತೆ" ಎಂದಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ) ಒಂದು "ಕಕ್ಷೀಯ" ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ, ನೈಜ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಪ್ರಧಾನವಾದ ಲಕ್ಷಣವಾಗಿರುವುದು.

ಚಿತ್ರ 3.6 ಈ ಮುಖ್ಯಾಂಶಗಳನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಾಯಕ

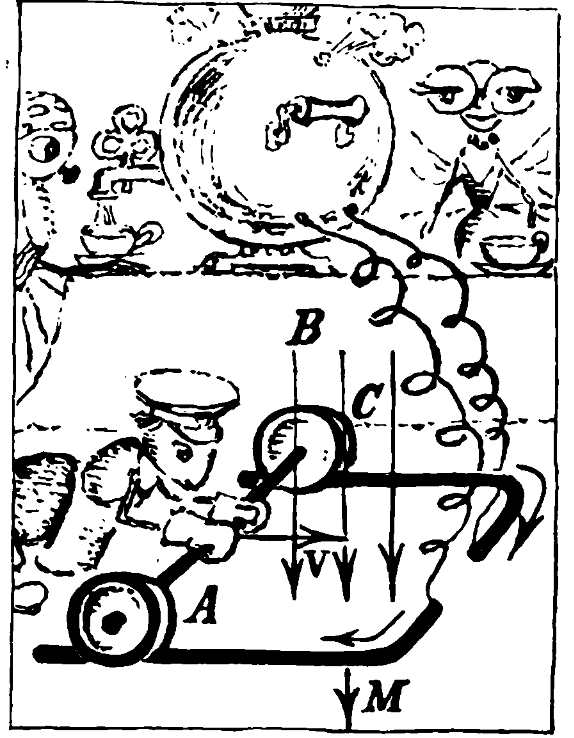
ವಾಗಿರುವುದು. "ಕಾಂತೀಯ ಆತ್ಮ" ಅಥವಾ ಬೇಕಾದರೆ ಕಾಂತೀಯ ಹೃದಯದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಮ್ಮ ಇಂದಿನ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಈ ನಕ್ಷೆಯು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಫ್ರೆಂಚ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಕೆ "ಐಮಾನ್" (aimant) ("ಐಮರ್" ಪ್ರೀತಿಸು ಎಂಬ ಕ್ರಿಯಾಪದದಿಂದ ಬಂದುದು) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಒಂದು ಸ್ಥೂಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ, ಒಂದು ದಂಡಕಾಂತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಕಕ್ಷೀಯ ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಸ್ವತಃ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇವುಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ಒಂದು ಭೌತಿಕ ಭಾವವೇ ಲಾಕ್ಷಣಿಕವಾಗಿರುವುದು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ

ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಒಂದು ಕಿರಣಜಾಲವು ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಬಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ಪುಟ 151ರಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ಈ ಬಾಗುವಿಕೆಗೆ ಕಾರಣವಾದ **ಲಾರೆಂಟ್ಸ್ ಬಲವು** ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗದ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೂ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದು. ಅದು $F=evB$ ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಲಾರೆಂಟ್ಸ್ ಬಲಕ್ಕೆ ಇದು ಅತ್ಯಂತ ಸರಳರೂಪದ ವ್ಯಂಜಕ ಮತ್ತು ಅದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೇಗದ ದಿಕ್ಕು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನೊಡನೆ ಒಂದು ಸಮಕೋನವನ್ನು ಮಾಡಿದಾಗ ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದು.

ಈ ವಿಷಯದ ಜೊತೆಗೆ, ಒಂದು ಲೋಹದ ವಾಹಕವು ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದೆಂಬ ನಿಸ್ಸಂದೇಹವಾದ ವಿಷಯುವನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಾಹಕದ ಹಲವು ಚಲನೆಗಳಿಂದ ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉಂಟಾಗಬೇಕು ಎಂದು ಸರಳವಾದ ತರ್ಕದಿಂದ ನಾವು ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು.

ಆಧುನಿಕ ಯಂತ್ರಕಲಾ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾದ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ **ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಅದರ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಈಗ ಅನುಮಾನಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುತ್ತೇವೆ.



ಚಿತ್ರ 3.7

ಚಿತ್ರ 3.7ರಲ್ಲಿ *l* ಉದ್ದದ ಒಂದು ಕಂಬಿ *AC*, ಒಂದು ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ, ಕುಣಿಕೆಯ ಪರಿಪಥವನ್ನು ಮುರಿಯದಂತೆ ಲೋಹದ ತಂತಿಗಳ ಮೇಲೆ ಉರುಳುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ–ವಾಹಕ ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. ಕಂಬಿಯನ್ನು ಬಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಉರುಳಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕುಣಿಕೆ ಪರಿಪಥ ದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ.

ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷೆ ಮಾಡಲಾಗದ ಮಹತ್ವದ ಒಂದು ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ನಾವು ಈಗ ಬಂದಿ ದ್ದೇವೆ: ಒಂದು ಸಂವೃತ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶವಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಇತರ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲವಾಗಲಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿನ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡ ಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವನ್ನು, ಅಂದರೆ ಮುಚ್ಚಿರುವ ಕುಣಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು

ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಸಾಗಿಸಲು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು, ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಬಲ ಮತ್ತು ಪಥ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧ. ಅದನ್ನು ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕುಣಿಕೆಯ ಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ವ್ಯಯ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಪಥದ ಉದ್ದವು l ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಬಲವು vB.

ಹೀಗೆ ಉಂಟಾದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲಕ್ಕೆ **ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಅದರ ಮೌಲ್ಯವು

$$\mathscr{E}_{\text{ind}} = vBl$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲ್ಪಡುವುದು.

ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಅದು ಯಾವುದಾದರೂ ಕುಣಿಕೆಗಳ ಯಾವುದೇ ವಿಧವಾದ ಚಲನೆಗೂ ಸರಿಯಾಗಿರುವ ಹಾಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸುವುದು ಅಪೇಕ್ಷಣೀಯ. ಈ ವಿಸ್ತರಣೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಮಾಡಬಹುದು : τ ಎಂಬ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಬಿರೂಪದ ವಾಹಕವು x ದೂರ ಸಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ವೇಗ v ಎಂಬುದು x/τ ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ವಾಹಕ ಕುಣಿಕೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು $A = xl$ ಮೊತ್ತದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಆಗ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲದ ಸೂತ್ರವು

$$\mathscr{E}_{\text{ind}} = \frac{BA}{\tau}$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿನ ಅಂಶದ ಅರ್ಥವೇನು ? ಇದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು : BA ಎಂಬುದು ಕುಣಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹದಲ್ಲಿನ (ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ) ವ್ಯತ್ಯಾಸ.

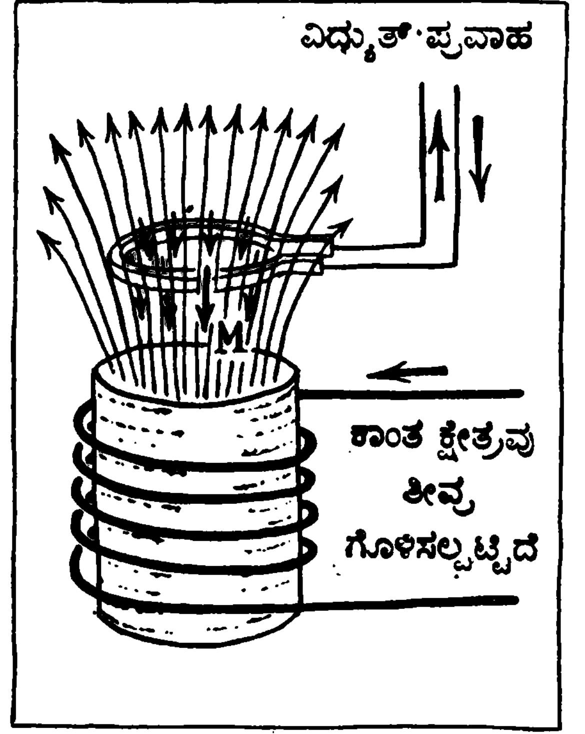
ನಮ್ಮ ಈ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಬಹಳ ಸರಳರೂಪದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಒಂದಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ನೆರವೇರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಯಾವುದೇ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿಖರವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು ಎಂಬ ನನ್ನ ಮಾತನ್ನು ವಾಚಕನು ಒಪ್ಪಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಉಪಲಬ್ಧವಾದ ಸೂತ್ರವು ಬಹಳ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಉಪಯೋಗ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ

ನಿಯುಮವನ್ನು ಈ ರೀತಿ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು : ಕುಣಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದಾಗಲೆಲ್ಲಾ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ಉಂಟಾಗುವುದು. ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲದ ಮೌಲ್ಯವು ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಪ್ರತಿ ಏಕಮಾನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡದಿರುವ ಕುಣಿಕೆಯ ಚಲನೆಗಳು ಇರಬಹುದು. ಒಂದು ಏಕರೂಪದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಕುಣಿಕೆಯು ಚಲಿಸಿದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಏಕರೂಪದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪ್ರೇರಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ಒಂದು ದಂಡ ಕಾಂತದ ಧ್ರುವದಿಂದ ದೂರಕ್ಕಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಧ್ರುವದ ಕಡೆಗಾಗಲಿ ಕದಲಿಸಿದಾಗಲೂ ಇದೇ ಸಂಭವಿಸುವುದು.

ನಮ್ಮ ವಿಸ್ತರಿಸಿದ ನಿರೂಪಣೆಯು ನಾವು ಈಗ ಕಂಡಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆಯೂ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲವೂ ತಮ್ಮ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡಿಸಿಕೊಂಡ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ವಿಚಾರ ಮಾಡಿದೆವು. ನಾವು ಮೇಲೆ ಅನುಮಾನಿಸಿ ಪಡೆದ ಸೂತ್ರವು ಚಲನೆಯ ವಿಷಯವನ್ನೇನೂ ಹೇಳುವುದಿಲ್ಲ. ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇ ಇದರಲ್ಲಿನ ಘಟಕಾಂಶ. ಆದರೆ ಒಂದು ವಾಹಕ ಕುಣಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದಿಂದಲೇ ಆಗಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲವಾಗಿ, ಒಂದು ಸ್ಥಾಯಿ ಕಾಂತಕ್ಕೆ ಬದಲು ಹೊರಗಣ ಯಾವುದಾದರೂ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲದಿಂದ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುವ ಒಂದು ಕುಣಿಕೆ ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮವಾಗಿ, ಒಂದು ತಂತಿ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ನಿಯಂತ್ರಕದ (rheostat) ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ವಿಧ



ಚಿತ್ರ 3.8

ದಲ್ಲಿ, ಈ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡಿಸಬಹುದು. ಆಗ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲವೂ ಮತ್ತು ವಾಹಕ ಕುಣಿಕೆಯೂ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದರೂ ಕುಣಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ 3.8).

ನಮ್ಮ ವಿಸ್ತರಣವು ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುವುದೇ ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂಲಕ ಉತ್ತರ ಕೊಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಉತ್ತರವು "ಹೌದು" ಎಂದೇ. ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಹೇಗೆ ಉಂಟಾಗಿದ್ದರೂ ಸರಿ, ನಾವು ಹಿಂದಿನ ಪುಟದಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲದ ಸೂತ್ರವು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು.

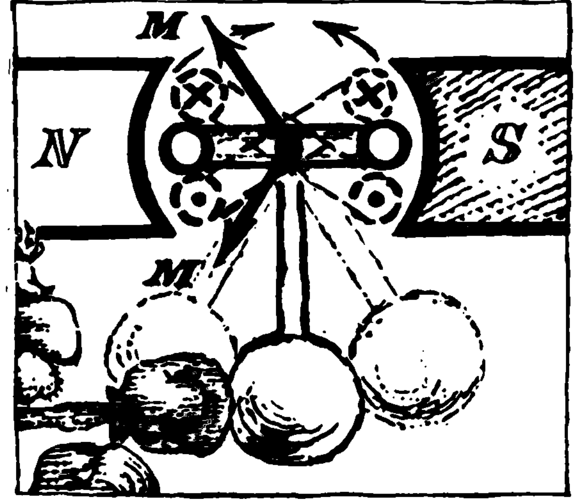
ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕು

ಈಗ ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ದಿಕ್ಕಿನ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಒಂದು

ಸರಳವಾದ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಯಮವಿರುವುದೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತೇವೆ. ಹಲವು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ ಅವುಗಳಿಂದ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರೋಣ.

ಚಿತ್ರ 3.7ಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗಿ ಇದನ್ನು ಗಮನಿಸೋಣ. ಕುಣಿಕೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ ವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದಾಗ, ಕುಣಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವು ಕಡಿಮೆಯಾಯಿತು. ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕು ಹೇಗಿದೆ ಎಂದರೆ, ಈ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿರುವುದು. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೈಜ ಕ್ಷೇತ್ರವು, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಕಡಿಮೆಯಾಗು ವುದನ್ನು "ವಿರೋಧಿಸುವ" ದಿಕ್ಕನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಇದೇ ಪ್ರತಿಫಲವು ಉಪಲಬ್ಧವಾಗುವುದು. ಕುಣಿಕೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ, ಕುಣಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಅಭಿವಾಹವೂ ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಆದರೆ ಈಗ ಕುಣಿಕೆಯ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಬಲ ರೇಖೆ ಗಳಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಪುನಃ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅದನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು.

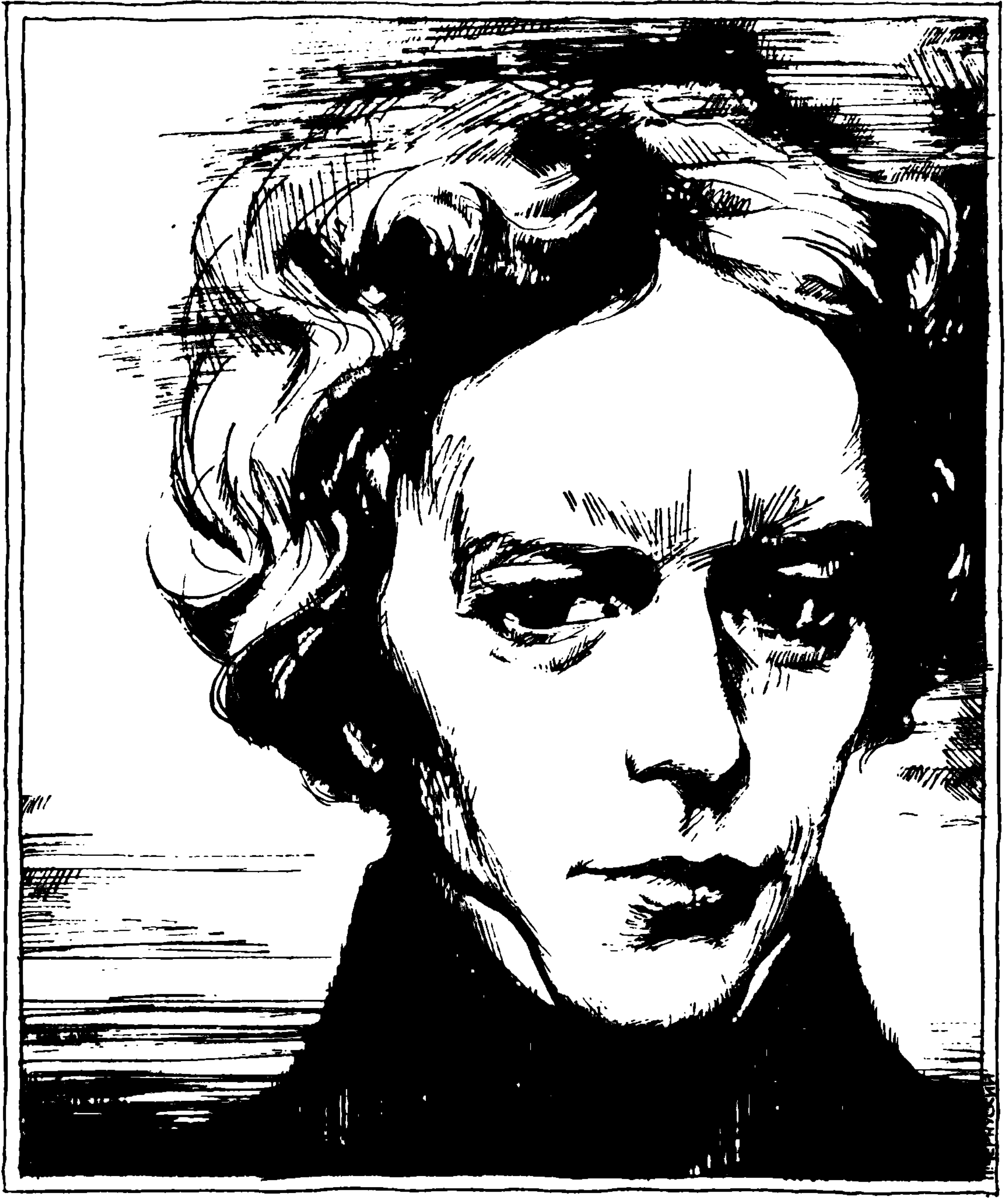
ಇನ್ನೊಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತ. ಕುಣಿಕೆಯು ಒಂದು ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಅದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಅಭಿವಾಹವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವಂತೆ ಇರುವು ದಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ. ಈಗ ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿಯೋ ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣ ವಾಗಿಯೋ ತಿರುಗಿಸೋಣ. ಈ ಎರಡು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನೂ ಚಿತ್ರ 3.9ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ದಪ್ಪವಾದ ರೇಖೆಗಳು ಕುಣಿಕೆಯ ಪ್ರಕ್ಷೇಪದ ಆರಂಭದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ : ಒಡೆದಿರುವ ರೇಖೆಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗಿರುವ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಗಳ ತಿರುಗಿರುವ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಎಡಗೈ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ನಮ್ಮ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವ



ಚಿತ್ರ 3.9

ವನ್ನು ಎಡಗಡೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿ ತಿರುಗಿಸಿದರೆ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಅಧೋಮುಖವಾಗಿರುತ್ತದೆ; ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿ ತಿರುಗಿಸಿದರೆ ಅದು ಮೇಲ್ಗಡೆಗೆ ಮುಖ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ತಿರುಗುವಿಕೆಯ ಕೋನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಕುಣಿಕೆಯ ನೈಜ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು (ಎರಡು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ) ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತ ಹೋಗುವುದು. ಪುನಃ ಅದೇ ನಿಯಮವು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿ ಉಳಿಯುವುದು.

ಈಗ ನಮ್ಮ ಕುಣಿಕೆಯು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನೋಡೋಣ. ಚಿತ್ರ 3.8ಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗಿ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿ. ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ಕದಲಿಸಿದಾಗ ಏನಾಗುವುದು ? ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ಉತ್ತರ ಧ್ರುವದ ಕಡೆಗೆ ಕದಲಿಸಿದರೆ, ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ದಿಕ್ಕು ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ಈ ಧ್ರುವದಿಂದ ದೂರ ಸರಿಸಿದರೆ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ಪ್ರವಾಹದ ನೈಜ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕ್ಷೇತ್ರವು ಬಲಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಎಡಗೈ ನಿಯಮದ ಬಳಕೆಯಿಂದ ವರ್ತನೆಯು ಹೀಗಿರುವುದೆಂದು ಮುಂಗಡವಾಗಿಯೇ ಹೇಳಬಹುದು.



ಮೈಕೇಲ್ ಫ್ಯಾರಡೆ (1791–1867) — ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ; ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು (1831ರಲ್ಲಿ). ಇದು ಆಕಸ್ಮಿಕವಾಗಿ ಕಂಡ ವಿಷಯವೇನೂ ಅಲ್ಲ; ಫ್ಯಾರಡೆಯು ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಶೋಧನೆ ನಡೆಸಿದನು. ಫ್ಯಾರಡೆಯ ವಿದ್ಯುತ್→

ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಂದುಂಟಾದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವಿಚಾರ ವೇನು ? ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆ ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವಿಕೆಯಿಂದ ಅಭಿವಾಹದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಕುಣಿಕೆ ಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ಏರ್ಪಡುವುದು (ಪುನಃ ಚಿತ್ರ 3.8 ನೋಡಿ).

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಹೇಗೆ ? ಒಂದು ಕೈ-ನಿಯಮವನ್ನು ಈಗ ಉಪಯೋಗಿಸುವಂತಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಚಲನೆ ಇಲ್ಲ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ನಮ್ಮ ವಿಸ್ತರಣವು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವುದು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಯಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಕುಣಿಕೆ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಮಾಡಿದಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕು ಅದೇ ನಿಯಮ ವನ್ನೇ ಪಾಲಿಸುವುದು : ಪ್ರೇರೇಪಣೆ ಉಂಟುಮಾಡುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವನ್ನು ಸರಿತೂಗಿಸುವಂತಾಗುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುತ್ತದೆ.

→ **ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ನಿಯಮಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಆಧಾರಭೂತ ವಾಗಿರುವುವು.**

ಫ್ಯಾರಡೆಯಿಂದ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷಣದ ನಿಯಮಗಳ ಮಹತ್ವದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಅತಿಶಯೋಕ್ತಿಯು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಈ ಮಹಾ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈಗ ಹೆಚ್ಚು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ, ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ, ಋಣಾಯಾನು, ಧನಾಯಾನು, ಅಯಾನು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷ್ಯ ಈ ಪದಗಳನ್ನು ಬಳಕೆಗೆ ತಂದು ಅವುಗಳ ವಿವರಣೆಯನ್ನೂ ಕೊಟ್ಟನು.

ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾದ ಮಾಧ್ಯಮವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವು ದೆಂದು ಸಾಧಿಸಿದನು.

ಧ್ರುವೀಕರಣದ ಸಮತಲದ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುದನ್ನು ಸೂಚಿಸ ಬೇಕು. ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ ಅನುಕಾಂತೀಯ ಅಥವಾ ಪ್ರತಿಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳಾಗಿರು ವುವು ಎಂಬುದನ್ನೂ ಫ್ಯಾರಡೆಯು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿದನು.

ಮೈಕೇಲ್ ಫ್ಯಾರಡೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರತಿಭಾವಂತನಾದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯನ್ನು ಪ್ರಪಂಚವು ಯಾವಾಗಲೂ ಕಂಡಿರಲೇ ಇಲ್ಲ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುದು

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವಿಕೆಯು ಮಾನವ ಕುಲದ ಪ್ರಗತಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಬಲ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿದ ಅಪರೂಪ ಘಟನೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯ ಬಗ್ಗೆ ನಾವು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗಾದರೂ ಹೇಳದಿದ್ದರೆ ಅದು ಅಕ್ಷಮ್ಯ. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲದ ವರ್ತನೆಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದುದಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಇದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಹಿಂದಿನ ಪ್ರಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ವಿಷಯದ ನಿರೂಪಣೆಗಾಗಿ ನಾವು ಬಳಸಿರುವ ಕ್ರಮವು ಘಟನೆಗಳ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಗತಿಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ. ತರ್ಕ ಮತ್ತು ಒಂದು ವಿಷಯದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಸಾಗುವ ಚಿಂತನ ಕ್ರಮದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆ ಇವುಗಳು ಘಟನೆಗಳ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಗತಿಗೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಯಬೇಕೆಂಬ ನಿಯಮವೇನೂ ಇಲ್ಲ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಕಾರಣವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮೈಕೇಲ್ ಫ್ಯಾರಡೆ ಆರಂಭಿಸಿದ ಕಾಲದವರೆಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಮುಂದೆ ಹೇಳುವ ಹಾಗಿದ್ದಿತು.

ಆಗಿನ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಏಕಮುಖಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಅದರ ವರ್ತನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ನಿಯಮಗಳು, ಇವು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಗಂಭೀರ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತದ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಒಂದು ಏಕಮುಖಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ವಾಹಕವನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದಿರುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿದ್ದಿತು. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತದ ಸಹಾಯದಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಮತ್ತೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸಹಾಯದಿಂದಾಗಲಿ ಅಳತೆಮಾಡುವುದು.

ಇದು ವಿಪರ್ಯಯವಾದ ಒಂದು ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಮೂಡಿಸಿತು : ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಂದು ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲುದೇ ?

1821ರ ತನ್ನ ದಿನಚರಿ ಪುಸ್ತಕದ ಒಂದು ದಾಖಲೆಯಲ್ಲಿ ಫ್ಯಾರಡೆಯು ಕಾಂತತೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ತನಗೆ ತಾನೇ ವಿಧಿಸಿ ಕೊಂಡನು. ಈ ಗುರಿಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಈ ಮಹಾ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಹಿಡಿಯಿತು. ಅಷ್ಟು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಆತನು ಜಯಶಾಲಿ ಯಾಗದಿದ್ದುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಅವನು ಒಂದು ವಾಹಕವನ್ನು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಉಂಟುಮಾಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿದ್ದುದು. ಆದರೆ 1831ರಲ್ಲಿ, ಅವನು ಸತತವಾಗಿ ಬಿಡದೆ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಕೈಗೂಡಿ ದವು. 1831ರಲ್ಲಿ ಫ್ಯಾರಡೆಯು ಬರೆದ ಒಂದು ಲೇಖನದಿಂದ ಉದ್ಧರಿಸಿದ ಮುಂದಿನ ವಾಕ್ಯಗಳು ಈ ಸಂಗತಿಯ ಪ್ರಥಮ ವರ್ಣನೆಯಾಗಿರುವುದು.

"10. ಇನ್ನೂರ ಮೂರು ಅಡಿಗಳುದ್ದದ ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯನ್ನು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಮರದ ತುಂಡಿನ ಸುತ್ತ ಸುರುಳಿಯಾಗಿ ಸುತ್ತಲಾಯಿತು; ಮತ್ತೆ ಇನ್ನೂರ ಮೂರು ಅಡಿಗಳುದ್ದದ ಅಂತಹುದೇ ತಂತಿಯನ್ನು ಮೊದಲಿನ ಸುರುಳಿಯ ತಿರುಪು ಗಳ ನಡುವೆ ಸುರುಳಿಯಾಗುವಂತೆ ಕಟ್ಟಲಾಯಿತು, ಮತ್ತು ಯಾವ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಲೋಹಗಳ ಸ್ಪರ್ಶವೇರ್ಪಡದಂತೆ ದಾರವನ್ನು ಸುತ್ತಲಾಯಿತು. ಈ ಕುಂಡಲಿನಿ ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಂದನ್ನು ನಾಲ್ಕು ಅಂಗುಲಗಳ ಚದರದ ನೂರು ಫಲಕ ಯುಗ್ಮಗಳ ಚೆನ್ನಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಮಾಡಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶಕ್ಕೆ ಜೋಡಿ ತಾಮ್ರ ತಂತಿ ಗಳಿಂದ ಸೇರಿಸಲಾಯಿತು. ಸಂಪರ್ಕವೇರ್ಪಡಿಸಿದಾಗ ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದ ಮೇಲೆ ಥಟ್ಟನೆ ಅಲ್ಪ ಪರಿಣಾಮವುಂಟಾಯಿತು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದೊಡನೆ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಡಿದಾಗಲೂ ಇದೇ ಮಾದರಿಯ ಪರಿಣಾಮವುಂಟಾಯಿತು. ಆದರೆ ಒಂದು ಕುಂಡಲಿನಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸಾಗುತ್ತಿದ್ದಾಗ ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾ ಪಕದ ಮೇಲಿನ ಪರಿಣಾಮವಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಇನ್ನೊಂದು ಕುಂಡಲಿನಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯಂತಹ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವಾಗಲಿ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಪೂರ್ತ ಕುಂಡಲಿನಿಯು

ಬಿಸಿಯಾಗುವುದರಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಇದ್ದಲಿನ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಅದರ ಹೊಳಪಿನಿಂದಲೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶದ ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇರುವುದೆಂದು ಸಿದ್ಧವಾಗಿದ್ದರೂ ಪರಿಣಾಮವು ಹೀಗಿದ್ದಿತು."

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುದು ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಮುಂದಿನ ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಮೊದಲನೆಯ ಘಟ್ಟವಾಗಿದ್ದಿತು. ಆ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಗುರಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ಒಂದು ಏಕಪ್ರಕಾರದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ಆಗಿದ್ದಿತು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ವಿಚಾರ ಮಾಡುವಾಗ, ಇತರ ಪ್ರಮುಖ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಹೆಸರುಗಳನ್ನೂ ಹೇಳಬೇಕು. ಜೋಸೆಫ್ ಹೆನ್ರಿ (1797–1878) ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕದ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸ್ವಪ್ರೇರೇಪಣೆಯನ್ನು 1832ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.. ಒಂದು ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ, ಅದರಿಂದಾಗಿ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದುಂಟಾದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಕೂಡ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಅದೇ ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತವು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದಿ, ತನ್ನ "ಸ್ವಂತ" ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುವುದು.

ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ನಿಯಮವನ್ನು ಯಾರು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು ? ಇದಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ಉತ್ತರವು ಲೆಂಟ್ಸ್ ಎಂಬಾತನ ಕೃತಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುವುದು. ಲೆಂಟ್ಸ್‌ನ ನಿಯಮವು ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ನಿಗದಿಮಾಡುತ್ತದೆ. "ಒಂದು ಲೋಹದ ವಾಹಕವನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಅಥವಾ ಕಾಂತ ಇದರ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಕದಲಿಸಿದರೆ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕು ಹೇಗಿರುವುದೆಂದರೆ, ತಂತಿಯು ಚಲಿಸದೆ ಇರುವಾಗ, ಅದು ವಾಸ್ತವಿಕ ಚಲನೆಗೆ ನೇರವಾದ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು.

ಇಲ್ಲಿ ತಂತಿಯು ತನ್ನ ವಾಸ್ತವಿಕ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ಚಲಿಸಬಲ್ಲುದು ಎಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದೆ."

1840ರ ನಂತರ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತತೆಯ ಒಂದು ಏಕೀಕರಿಸಿದ ಭಾವನೆಯು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡಿತು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದುದು ಕೊನೆಯ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಂತ ಯಶಸ್ವಿಯಾದ ಮುನ್ನಡೆ.

ಪ್ರೇರೇಪಿತ ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು

ತಂತಿ ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ಭಾರವಾದ, ಗಟ್ಟಿ ಲೋಹದ ತುಂಡುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸಬಹುದು ಎಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಸಹಜವೇ. ಲೋಹದ ಪ್ರತಿ ತುಂಡಿನಲ್ಲಿಯೂ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಲೋಹವು ಒಂದು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿದರೆ, ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಲಾರೆಂಟ್ಸ್ ಬಲಕ್ಕೆ ಒಳಪಡುವುವು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ, ಅಂದರೆ. ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂಭವವನ್ನು 1855ರಲ್ಲಿ ಫ್ರೆಂಚ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಜೀನ್ ಬರ್ನಾರ್ಡ್ ಲಿಯಾನ್ ಫೂಕೋ (1819–1868) ಎಂಬಾತನು ಮೊದಲಿಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಯು ಲೋಹ ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲ ಇವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗಿರಲಿ ಅಥವಾ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಚಲನೆಯಿಂದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದಿದರಾಗಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ನಿಯಮಗಳು ಎರಡು ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಾಗಿ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆ ಇರುವಾಗ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಕಾಲಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಪಟ್ಟಾಗಲೂ ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳುಂಟಾಗುವುವು. ಈ ಎರಡನೆಯ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಮನವೊಪ್ಪಿಗೆಯಾಗಿರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗವೆಂದರೆ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯುತ ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು

ನಾಣ್ಯವನ್ನು ಬೀಳಿಸುವುದು. ಅದು ವಾಡಿಕೆಯಾದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಬೀಳು ವುದಕ್ಕೆ ಬದಲು ಒಂದು ಶ್ಯಾನವಾದ ಎಣ್ಣೆಯಲ್ಲಿ ಬೀಳುವಂತೆ ಕಾಣುವುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಹೊರಡುವ ಭಾವನೆಯು ಸ್ಪಷ್ಟ : ನಾಣ್ಯದಲ್ಲಿ ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗಿವೆ. ಲೆಂಟ್ಸ್‌ನ ನಿಯಮದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಅವುಗಳ ದಿಕ್ಕು ಹೇಗಿರುವುದೆಂದರೆ, ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಡನೆ ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯು ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಚಲನೆಗೆ ತಡೆ ಹಾಕುತ್ತದೆ.

ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಉಪಯೋಗಕರವಾದ ಅನ್ವಯಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಮುಂದೆ ಸೂಚಿಸಿರುವುವು ಕೆಲವು. ಮೊದಲಿಗೆ, ಅವುಗಳು ಪ್ರೇರೇಪಣೆ ಕುಲುಮೆ ಗಳಲ್ಲಿ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಕಾಯಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅವು ಗಳನ್ನು ಕರಗಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಅವು ಗಳು ಅನೇಕ ನಿರ್ದೇಶಕ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ (ತೋರು ಉಪಕರಣ) "ಕಾಂತೀಯ ಅವ ಮಂದನ"ವನ್ನು (magnetic damping) ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕವು ಒಂದು ಚಮತ್ಕಾರವಾದ ನಿರ್ಮಾಣ (ಇದು ಮೂರನೆ ಯದು). ಅದರ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗವು ತಿರುಗುವ ಬಿಲ್ಲೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿ ಸಿರುವಿರಷ್ಟೆ. ನೀವು ಹೆಚ್ಚು ದೀಪಗಳನ್ನು ಹಚ್ಚಿದಾಗಲೂ ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗಲೂ, ಬಿಲ್ಲೆಯು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರವಾಗಿ ತಿರುಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಉಪಕರಣದ ತತ್ತ್ವವೇನೆಂದರೆ ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಬಳಕೆ. ಒಂದು ಬಳಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿರುವುದು. ಮತ್ತೊಂದು ಬಳಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೇ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು, ಕಬ್ಬಿಣದ ಸರಳುಗಳ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿರುವ ಸುರುಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವುವು. ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕಬ್ಬಿಣದ ಸರಳುಗಳಿಗೆ ಕಾಂತ ಗುಣ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುವುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತಗಳ ಧ್ರುವಗಳು ವಿಪರ್ಯಯವಾಗುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿಧದ ಸಂಚಾರಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಸುರುಳಿಗಳಿಂದಲೂ ಉಂಟಾಗುವ

ಸಂಚಾರಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಬಿಲ್ಲೆಯ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವ ಹಾಗೆ ಸುರುಳಿಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಈ ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ದಿಕ್ಕು ಸಂಚಾರಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಬಿಲ್ಲೆಯನ್ನು ಎಳೆದುಕೊಂಡು, ಅದು ತಿರುಗುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಹಾಗೆ ಇರುತ್ತದೆ.

ಭ್ರಮಣದ ವೇಗವು ಎರಡೂ ಸುರುಳಿಗಳಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ನಿಖರವಾದ ಗಣನಾಕ್ರಮಗಳಿಂದ ಕಾಣಬರುವುದೇನೆಂದರೆ ಈ ವೇಗವು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಮತ್ತು ಸಾಮರ್ಥ್ಯಘಟಕ (ಕಾಲ ಕೋನದ ಕೋಟಿಜ್ಯಾ) ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ, ಅಂದರೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮಾನುಪಾತವಾಗಿರುವುದು. ಬಳಸಲ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ವಾಟ್–ಗಂಟೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಗಣಕಕ್ಕೆ ತಿರುಗುತ್ತಿರುವ ಬಿಲ್ಲೆಯನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ಸರಳರೂಪದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವಹನ ಸಲಕರಣೆಯ ವಿವರಕ್ಕೆ ಇಲ್ಲಿ ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಆದರೆ ಅನೇಕ ನಿದರ್ಶನಗಳಲ್ಲಿ, ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಲ್ಲದೆ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಗಳ ನಿರ್ಮಾಪಕರಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಒಂದು. ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರವಾಹಗಳಂತೆಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಕೂಡ, ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವುವು. ಈ ಶಕ್ತಿ ನಷ್ಟಗಳು ಎಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೇರಬಹುದೆಂದರೆ, ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಯಾವ ಯಾವುದೋ ಯಂತ್ರ ಸಾಧನಗಳ ಅವಲಂಬನೆಯು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವುದು. ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಶಕ್ತಿ ನಷ್ಟವನ್ನು ತಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸರಳರೂಪದ ಮಾರ್ಗ ಯಾವುದೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಲೋಹದ ದೊಡ್ಡವಾದ ಗಟ್ಟಿ ತುಂಡುಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಪದರ ಪದರವಾಗಿ ಜೋಡಿಸಿದ ಹಾಳೆಗಳ ಕಟ್ಟನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು. ಹಾಳೆಯಾಗಿರುವ ಲೋಹದಲ್ಲಿ, ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು "ಸ್ಥಳಾವಕಾಶ"ವಿರುವುದಿಲ್ಲ, ಅವುಗಳ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುವು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣರೂಪದ ನಷ್ಟಗಳು ಹಾಗೆಯೇ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುವು.

ಪರಿವರ್ತಕಗಳು ಬಿಸಿಯಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಾಚಕನು ಗಮನಿಸಿರು

13—0264

ವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾವು ಏರುವುದರಲ್ಲಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ ಅರ್ಧ ಭಾಗ ವಾದರೂ ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿರುವುದು.

ಪ್ರೇರೇಪಕ ಕ್ಷೋಭೆ

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಗಳನ್ನು ಅತಿ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡುವ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು. ಇದು ವರೆಗೂ ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯನ್ನೋ ಅಥವಾ ಗೊತ್ತಾದ ಏಕಮುಖಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುವ ಒಂದು ಪರೀಕ್ಷಾ ಕುಣಿಕೆಯನ್ನೋ ಉಪ ಯೋಗಿಸುವುದನ್ನು ನಾವು ಸೂಚಿಸಿದ್ದೆವು. ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಸಮವಿರುವ ಪರೀಕ್ಷಾ ಕುಣಿಕೆ ಅಥವಾ ಸೂಜಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗ ವಾದ ಬಲದ ಭ್ರಮಣ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಮಾಣದಿಂದ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಲಾಯಿತು.

ಈಗ ಬೇರೆ ಮಾರ್ಗವನ್ನನುಸರಿಸುತ್ತೇವೆ. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರವಾಹ ಕುಣಿಕೆ ಯನ್ನು ಮಾಪಕ ಉಪಕರಣ ಒಂದಕ್ಕೆ ಜಂಟಿಮಾಡಿ, ಅದನ್ನು ಬಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವಂತೆ ಇಡುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ತೀವ್ರಗತಿಯ ಚಲನೆಯಿಂದ 90° ಗಳಷ್ಟು ತಿರುಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿದಾಗ, ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೊತ್ತ Q ಅಷ್ಟು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕುಣಿಕೆ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವುದು–ಇದನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಈ ಮೊತ್ತವು ಪರೀಕ್ಷಾ ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ಇಟ್ಟಿರುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಗೆ ಹೇಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದು ?

ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಗಣನಾಕ್ರಮಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಸರಳವಾಗಿಯೇ ಇವೆ. ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ I ಎಂಬುದು ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧ ಇವುಗಳ ಭಾಗಲಬ್ಧ, ಅಂದರೆ

$$I = \frac{1}{R} \mathscr{E}^{\mathrm{ind}}$$

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯು $\mathscr{E}^{\text{ind}} = BA/\tau$ ನಿಯಮವನ್ನು ಬಳಸಿ ಕೊಂಡು ಮತ್ತು $Q = I\tau$ ಎಂಬುದನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯು

$$B = \frac{\mathscr{E}^{\text{ind}}\tau}{A} = \frac{I\tau R}{A} = \frac{QR}{A}$$

ಆಗುವುದು.

ಅಂತಿಮ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಕುಣಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗ ದಿದ್ದಾಗ ಮತ್ತು ಆರಂಭದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ಕುಣಿಕೆಯ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಲಂಬ ವಾಗಿ ಛೇದಿಸಿದಾಗ ಈ ಸೂತ್ರವು ಊರ್ಜಿತವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಪುನಃ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ, ಯಾವುದನ್ನು ಆರಂಭದ ಸ್ಥಿತಿ, ಯಾವುದನ್ನು ಕೊನೆಯ ಸ್ಥಿತಿ ಎಂದು ಕರೆದರೂ ಏನೂ ಚಿಂತೆಯಿಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕು ಬದಲಾಗು ವುದು ಅಷ್ಟೆ, ಆದರೆ ಕುಣಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಒಂದೇ ಒಂದು ಕುಣಿಕೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿ ಸಿದರೆ, ಈ ಅಳತೆಯ ವಿಧಾನದ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯು n–ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು. ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು ಸುತ್ತುಗಳಸಂಖ್ಯೆ nಗೆ ಸಮಾನುಪಾತಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರವೀಣರಾದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಒಂದೇ ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಸುತ್ತಿ, ಪ್ರೇರೇಪಕ ಕ್ಷೋಭೆಯ ವಿಧಾನದಿಂದ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ವಿವರವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸುವರು.

ಪ್ರಾಯಶಃ ಈ ವಿಧಾನದ ಅತ್ಯಂತ ಯುಕ್ತಿಯುತವಾದ ಉಪಯೋಗವೆಂದರೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಯಗಳ ಕಾಂತೀಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ. ಕಬ್ಬಿಣದ ಈ ಮುಖ್ಯವಾದ ಗುಣವನ್ನು ಈಗ ಚರ್ಚಿಸುವೆವು.

ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿ

ಪರಮಾಣುಗಳು ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದೆಂದು ಹಿಂದಿನ

ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಒಂಟಿಯಾಗಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಸುತ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಯಿಂದ ಕಕ್ಷೀಯ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಏರ್ಪಡುವುವು. ಪರಮಾಣುಗಳ ಬೀಜಗಳು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ನಾವು ಒಂದು ಕಾಯವನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ದಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ಇದು ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾದ ವಿಷಯವೂ ಸರಿಯೇ : ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಇರುವಿಕೆಯು ಘನ, ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲ ರೂಪದ ಕಾಯಗಳ ವರ್ತನೆಯ ಮೇಲೆ ಎಷ್ಟಾದರೂ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು.

ಕಬ್ಬಿಣವೂ, ಅದರ ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳೂ ಮತ್ತು ಕಬ್ಬಿಣದ ಲಕ್ಷಣಗಳುಳ್ಳ ಇತರ ಕೆಲವು ಪದಾರ್ಥಗಳೂ ಅನುಮಾನವೇ ಇಲ್ಲದಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ಇಂತಹ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಸಣ್ಣ ವರ್ಗವನ್ನು **ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ** (ferromagnetic) ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಾವು ಈ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ನೆರವೇರಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯ ಗಾತ್ರದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ದಂಡವನ್ನು, ಅದು ತಿರುಗುವುದಕ್ಕಾಗುವ ಹಾಗೆ, ಒಂದು ದಾರದಿಂದ ತೂಗುಹಾಕುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಾಂತವನ್ನು ಅದರ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ತರುತ್ತೇವೆ. ಕಬ್ಬಿಣವಲ್ಲದೆ ಇತರ ಯಾವ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದ : ಮರ, ಗಾಜು, ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್‌ಗಳು, ತಾಮ್ರ, ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ, ಮುಂತಾದುವುಗಳಿಂದ, ದಂಡ ಗಳನ್ನು ತಯಾರು ಮಾಡಿದರೂ, ಕಾಂತವನ್ನು ಅವುಗಳ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ತರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊರಪಡಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದೆಂದು ಸಮರ್ಥಿಸ ಬೇಕಾದರೆ, ನಿಖರವೂ, ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದಾದವೂ ಆದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸು ವುದು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವುದು. ಇವುಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ವಿವರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಆದರೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಯಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಭಿನ್ನವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ

ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಶಾಲಾ ಭೌತಿಕ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುವ ಅತ್ಯಂತ ದುರ್ಬಲ ವಾದ ದಂಡ ಕಾಂತವನ್ನೂ ಅವು ವಿಧೇಯವಾಗಿ ಹಿಂಬಾಲಿಸುತ್ತವೆ.

ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಇರವಿಗೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಯಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಕೊಡಲು, ನಾನೇ ಇದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರಧಾರಿಯಾಗಿದ್ದು, ಎಲ್ಲಾ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿಯೂ ಬೋಧಪ್ರದವಾಗಿರುವ ಮುಂದಿನ ನಿಜವಾದ ಕಥೆಯನ್ನು ಹೇಳಬಯಸುತ್ತೇನೆ.

ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ, ಒಬ್ಬ ಜೆಕ್ "ಮಂತ್ರವಾದಿ"ಯ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳ ಪರಿಚಯುವನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕೆಂದು ನನ್ನನ್ನು ಕೇಳಲಾಯಿತು. ಆತನು ವಿಶ್ವದಾದ್ಯಂತ ಪ್ರಸಿದ್ಧಿ ಪಡೆದಿದ್ದನು ಮತ್ತು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರ ಸಮಾಚಾರಗಳಿಗೆ ಮನಸೋಲುವ ಪ್ರವರ್ತಿಯುಳ್ಳ ಅಮೆರಿಕದ ವರದಿಗಾರರು ಅವನನ್ನು "ಜೆಕ್ ಮರ್ಲಿನ್" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಿದ್ದರು. ಈ ಮಾಟಗಾರನ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಸಮಂಜಸ ವಾದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಲಾಗದವೆಂದು ಭಾವಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನೊಳ ಗೊಂಡಿದ್ದವು. ಈ ಜೆಕ್ ಮರ್ಲಿನ್ನರು ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ತನ್ನ ಭೌತಾತೀತ ಮಾನಸಿಕ ಶಕ್ತಿಗಳ ಪರಿಣಾಮಗಳೆಂದು ಹೇಳುತ್ತಿದ್ದನು.

ಅವನ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗವು ಒಂದು ಮರದ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಕಾಂತತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ ಮಾಡುವುದಾಗಿತ್ತು. ಮೊದಲಿಗೆ, ದಾರದಿಂದ ತೂಗು ಹಾಕಿರುವ ಮರದ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯು ಒಂದು ಕಾಂತದಿಂದ ಬಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬು ದನ್ನು ತೋರಿಸಿದನು. ಇದಾದ ಮೇಲೆ, ಆತನು ತನ್ನ ಕೈಗಳನ್ನು ವಿಚಿತ್ರ ರೀತಿ ಯಲ್ಲಿ ಆಡಿಸುತ್ತ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯನ್ನು "ವಶೀಕರಿಸುವುದಕ್ಕೆ" (hypnotize) ಆರಂಭಿ ಸಿದನು. ಈ ಪ್ರದರ್ಶನದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗವಾಗಿ, ಅವನು ಮರದ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿ ಯನ್ನು ಒಂದು ಲೋಹದ ಪ್ರತಿಮೆಗೆ ತಾಕುವಂತೆ ಮಾಡಿದನು. ಮರ್ಲಿನ್ ಕೊಟ್ಟ ವಿವರಣೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಪ್ರತಿಮೆಯು ತನ್ನ ಭೌತಾತೀತ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪರಿಗ್ರಹಿಸುವುದು.

ಈ ಜೆಕ್ ಮಂತ್ರವಾದಿಯ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ, ಯಾವ ವಿನಾಯ ತಿಯೂ ಇಲ್ಲದೆ, ಚೆನ್ನಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಷಯಗಳ ಆಧಾರದ

ಮೇಲೆಯೇ ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುವುದು ಹಲವಾರು ವಾರಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದ ನಂತರ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಆದರೆ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಕಾಂತತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿ ಮಾಡಿದನು ? ಕೈಗಳನ್ನು ಆಡಿಸಿ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಮೆಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿಸಿದ್ದಾದ ಮೇಲೆ ಅದೇ ದಾರದಿಂದ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಪುನಃ ತೂಗುಹಾಕಿದನು. ಈಗ ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯು ಅವನು ಹಿಡಿದುಕೊಂಡು ಸುತ್ತಲೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಕಾಂತವನ್ನು ವಿಧೇಯತೆಯಿಂದ ಹಿಂಬಾಲಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿತು. ಇದು ಹೇಗಾಯಿತು ?

ಮರ್ಲಿನ್ನನ "ಭೌತಾತೀತ ಮಾನಸಿಕ ಶಕ್ತಿ"ಗೆ ಹೀಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು. ಲೋಹದ ಪ್ರತಿಮೆಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ, ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಯ ತುದಿಗೆ ಅತಿನವುರಾದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಧೂಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿತು. ಒಂದು ಗ್ರಾಂನ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಮುವ್ವತ್ತರ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಕಬ್ಬಿಣವು ಬೆಂಕಿಕಡ್ಡಿಗೆ ಗಮನೀಯವಾದ ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಿಕೊಡಲು ಸಾಕೆಂದು ನಾನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟೆನು. "ಜಿರಲೆ ಪ್ರಯೋಗ"ಗಳಿಗೆ ಇದು ಇನ್ನೊಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತ.

ಈ ಗಮನ ಸೆಳೆಯುವ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಸಿದ್ಧಪಡುವುದೇನೆಂದರೆ ಮೊದಲಿಗೆ, ನಾವು ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುವ "ಅದ್ಭುತ"ಗಳಲ್ಲಿ ನಂಬಿಕೆ ಇಡಕೂಡದು ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ಈಗ, ಇದೇ ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿ ಇರುವ ವಿಷಯ – ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳು ಅಸಾಮಾನ್ಯವಾದವು.

ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಈ ಮುಂದೆ ಹೇಳುವ ಹಾಗೆ ನಡೆಸಬಹುದು. ಒಂದರೊಳಗೆ ಒಂದಿರುವ ಎರಡು ಸುರುಳಿಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥವನ್ನು ರಚಿಸಿ. ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶದ ಪರಿಪಥಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಬೇಕು ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವ ಒಂದು ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಬೇಕು. ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಪರಿಪಥವನ್ನು ಮುಚ್ಚಿದಾಗ ಎರಡನೆಯ ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವು ಶೂನ್ಯದಿಂದ Φ_0 ಎಂಬ ಮೌಲ್ಯದ ಮಿತಿಯವರೆಗೂ

ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು. ಈ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಕ ಕ್ಷೋಭೆ ವಿಧಾನದ ಮೂಲಕ ಅತಿ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು.

ಪದಾರ್ಥಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಈಗ ತಾನೆ ವರ್ಣಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಒಂದು ಕಂಬಿಯನ್ನು ಮಾಡಿ ಸುರಳಿಗಳೊಳಗೆ ಹೋಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಕಂಬಿ ಇರುವಾಗಲೂ ಮತ್ತು ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗಲೂ ಮಾಡಿದ ಅಳತೆಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಿ. ಕಂಬಿಯು ಕಬ್ಬಿಣದಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಯಾವುದಾದರೂ ಇತರ ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ (ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ) ಪದಾರ್ಥದಿಂದಾಗಲಿ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ, ಉಪಕರಣವು ಅಳತೆಮಾಡಿ ತೋರಿಸುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು ಹಲವು ಸಾವಿರ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಕಂಬಿ ಇದ್ದಾಗಲೂ ಮತ್ತು ಇಲ್ಲದಿದ್ದಾಗಲೂ ಅಳತೆಮಾಡಿ ಬಂದ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹಗಳ ಅನುಪಾತವನ್ನು ಕಂಬಿಯ ಪದಾರ್ಥದ ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳ ನಿರ್ದೇಶಕವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. $\mu = \Phi/\Phi_0$ ಎಂಬ ಅನುಪಾತಕ್ಕೆ ಪದಾರ್ಥದ **ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿ** ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಯವು ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಇರಬಹುದಾದ ವಿವರಣೆಯು ಒಂದೇ ಒಂದು: ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಯವು ತನ್ನ ನೈಜ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದಾದ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಕೂಡಿಸುತ್ತದೆ.

$\Phi - \Phi_0$ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ J ಎಂಬ ಅಕ್ಷರದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗುವುದು. ಅಂದರೆ $J = (\mu - 1)\Phi_0$ ಎಂಬುದು ಪದಾರ್ಥವೇ ಉಂಟುಮಾಡಿದ ಹೆಚ್ಚಿಗೆಯ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹ.

ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪೂರ್ತಿ ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ ಮತ್ತು ಕಂಬಿಯನ್ನು ಸುರುಳಿಗಳಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದಾಗ, ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಂಬಿಯು ತನ್ನ ಕಾಂತತೆಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುವುದು. ಅದು J ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದರೂ, ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುವುದು.

ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಂಬಿಯು ಉಳಿದಿರುವ ಕಾಂತತೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ **ನಿಷ್ಕಾಂತಕರಣ** (demagnetization) ಎಂದು ಹೆಸರು ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ಮಾಡಲು ಕಂಬಿಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಪುನಃ ಒಳಸೇರಿಸಬೇಕು, ಆದರೆ ಈಗ ಲೋಹದ ನೈಜ ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದಾದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುವ ಹಾಗೆ. ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಹಾಕಿ ಅದು ಪೂರ್ವ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಪ್ರೇರೇಪಕ ಕ್ಷೋಭೆ ಏರ್ಪಡುವಂತೆ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ನಾವು ಇಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ವಿವರಗಳಿಗೆ ಹೋಗಲಾಗದಿರುವ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ನಿಷ್ಕಾಂತಕರಿಸುವ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು **ನಿಗ್ರಾಹಕ ಬಲ** (coercive force) ಅಥವಾ **ನಿಗ್ರಹತ್ವ** (coercivity) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿಲ್ಲದಿರುವಾಗಲೂ ಕಾಂತತೆಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಮತ್ತು ಈ ಉಳಿಯುವ ಕಾಂತತೆಯನ್ನು ಸರಿಯಾದ ದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ತೆಗೆದು ಹಾಕುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯ ಲೋಹಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳ ಈ ವಿಚಿತ್ರ ಲಕ್ಷಣಕ್ಕೆ **ಕಾಂತ ಜಡತ್ವ** (hysteresis) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ಪದದ ಮೂಲವು ಯಾವುದು ? ಅದು ಹಿಂದೆ ಅಥವಾ ಆಮೇಲೆ ಎಂಬ ಅರ್ಥವುಳ್ಳ ಹಿಸ್ಟರೋಸ್ (hysteros) ಎಂಬ ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯ ಪದದಿಂದ ಬಂದಿದೆ. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ನಾವು ಈಗ ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಲಿರುವ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೂ ಏನು ಸಂಬಂಧ? ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಕಬ್ಬಿಣದ ತುಂಡಿನ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿ μ ಎಂಬುದು ಏನು ಎಂಬುದನ್ನು ಮುಂಗಡವಾಗಿಯೇ ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅದು ಈ ಮಾದರಿ ವಸ್ತುವು ಹಿಂದೆ ಕಾಂತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿತ್ತೇ ಮತ್ತು ಹಾಗಾಗಿದ್ದರೆ ಎಷ್ಟರಮಟ್ಟಿನ ತೀವ್ರತೆಯಿಂದ ಎಂಬ ಹಿಂದಿನ ಘಟನೆಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಕಾಂತೀಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯು ಮಾದರಿ ವಸ್ತುವಿನ ಚರಿತ್ರೆಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಕಾಂತಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕಾರಕ ಕ್ಷೇತ್ರ ತೀವ್ರತೆ ಇವುಗಳ ಸಂಬಂಧದ ವಕ್ರರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದರೆ, ಕಾಂತಕಾರಕ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ವಿರುದ್ಧಗೊಳಿಸಿದಾಗ, ಕಾಂತಕಾರಕ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಎರಡು ದಿಕ್ಕುಗಳ ಎರಡು *S*–ವಕ್ರರೇಖೆ

ಗಳೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಕಾಂತತೆಯು ಹಿಂದೆ ಬೀಳುತ್ತಿದ್ದು, ಎರಡು ರೇಖೆಗಳೂ ಒಂದು ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ **ಕಾಂತಜಡತ್ವ ಕುಣಿಕೆ** (hysteresis loop) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಹೀಗೆ **ಹಿಂದೆ ಬೀಳುವಿಕೆಯೇ** ಕಾಂತ ಜಡತ್ವ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ಹೆಸರು ನೀಡಿದ್ದು.

ಯಂತ್ರಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳು ವಿವಿಧ ಗುಣಗಳುಳ್ಳ ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು. ಪರ್ಮಲಾಯ್ (Permalloy) ಎಂಬ ಕಾಂತೀಯ ಮಿಶ್ರಲೋಹದ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿ μ, 100 000 ಅಷ್ಟರ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ಹೋಗುವುದು; ಮೃದು ಕಬ್ಬಿಣದಲ್ಲಿ ಪರಮಾವಧಿ ಮೌಲ್ಯವು ಇದರ ಕಾಲು ಭಾಗದಷ್ಟೇ ಇರುವುದು.

ಒಂದು ತಂತಿಯ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಾಯವನ್ನು ಒಳಸೇರಿಸಿ ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಸಂಭವವಿರುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ, ಅಂದರೆ ಬಹಳ ತೂಕವಿರುವ ಕಬ್ಬಿಣದ ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸಿ ಹಿಡಿದುಕೊಂಡಿರಬಲ್ಲ ಶಕ್ತಿಯು ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದೊಡನೆ ಹೆಚ್ಚುವುದು. ಆದರೆ ಈ ವರ್ತನೆಯು ಅಮಿತವಾದುದಲ್ಲ; ಕಾಂತೀಯ ಸಂತೃಪ್ತಿ (magnetic saturation) ಎಂಬ ವಿದ್ಯಮಾನ ಒಂದಿದೆ. ಭಾರವೂ ಶಕ್ತಿಯುತವೂ ಆದ ಕಾಂತಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವಾಗ ಸಂತೃಪ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದು ಅಷ್ಟೇನೂ ಸುಲಭವಲ್ಲ.

ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ವಾಹಕತ್ವವುಳ್ಳ (superconductive) ತಂತಿ ಸುರುಳಿಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರತೆಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸುವುದರಲ್ಲಿ ಯಂತ್ರಕರ್ಮಿಗಳು ಭಯಂಕರವಾದ ತಾಂತ್ರಿಕ ಕಷ್ಟಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಈ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ, ಲೋಹಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಅವುಗಳಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದನ್ನೆಲ್ಲಾ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದೆಂದು ಭರವಸೆ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ μ ತಗ್ಗುವುದು.

ಬಿಸಿಮಾಡಿದಾಗ, ಒಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮಿತಿಯನ್ನು, ಅಂದರೆ ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಕಬ್ಬಿಣಕ್ಕೆ 767 °C ಮತ್ತು ನಿಕ್ಕಲಿಗೆ 360 °C, ಮುಟ್ಟಿದಾಗ ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳು ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುವುವು. ಆಗ ಕಾಂತೀಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯು ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳಿಗಿರುವಂತೆಯೇ ಏಕಾಂಕ(ಸಂಖ್ಯೆ)ವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಮಿತಿಯು 1895ರಲ್ಲಿ ಫ್ರೆಂಚ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಪಿಯರ್ ಕ್ಯೂರಿ (1859–1906) ಎಂಬಾತನಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿತು ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಸ್ತುವಿನ **ಕ್ಯೂರಿ ಬಿಂದು** ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು

ಲೋಹಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣವೇನೆಂದರೆ ಅವುಗಳ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರ ರಚನಾವಿನ್ಯಾಸ. **ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರ** ಎಂದರೆ ಪರಮಾವಧಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಕಾಂತಗೊಳಿಸಿದ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶ. ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಒಳಗಡೆ ಎಲ್ಲಾ ಪರಮಾಣುಗಳೂ ತಮ್ಮ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವಂತೆ ಸಾಲು ಸಾಲಾಗಿ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ಕಾಂತೀಯ (ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ) ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವರ್ತನೆಯು ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿನ ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವರ್ತನೆಯಂತೆಯೇ ಇರುವುದು. ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಅಷ್ಟೇನೂ ಸಣ್ಣವಲ್ಲ, ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು 0.01 ಮಿ.ಮೀ. ಅಷ್ಟಿರುವುವು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಒಂದು ಸರಳರೂಪದ ಯಂತ್ರ ಸಾಧನದ ಉಪಯೋಗದಿಂದ, ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಕಾಣುವಂತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪುಡಿ ಮಾಡಿದ ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟೈಟ್ ಜಾತಿಯ ಒಂದು ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವಿನ ತೇಲುವ ಕಣಗಳ (colloidal suspension) ಒಂದು ಹನಿಯನ್ನು ಲೋಹಕಾಂತೀಯ ಏಕ ಸ್ಫಟಿಕ (monocrystal) ಒಂದರ ಮೆರುಗುಗೊಳಿಸಿದ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಸವರಲಾಗು

ವುದು. ಕೊಲಾಯಿಡಿನ ಕಣಗಳು ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಎಲ್ಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡು ವುವು, ಏಕೆಂದರೆ ಈ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಬಲವಾಗಿರುವುವು (ಸಾಮಾನ್ಯ ಕಾಂತಗಳು ತಮ್ಮ ಧ್ರುವಗಳ ಸಮೀಪದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಕಣಗಳು ಶೇಖರವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಹಾಗೆಯೇ).

ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ, ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ, ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದಾಗಲೂ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಇರುತ್ತವೆ, ಹೊರಗಿನ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದಾಗ ಮಾತ್ರ ಅಲ್ಲ.

ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿ ಇಲ್ಲದ ಒಂದು ಏಕಸ್ಫಟಿಕದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಹೇಗಿರುವುದೆಂದರೆ ಹರಳಿನ ಒಟ್ಟು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮ ವಾಗಿರುವುದು. ಹಾಗೆಂದರೆ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಸಿಕ್ಕಾಬಟ್ಟೆ ನೆಲಸಿವೆಯೆಂದಲ್ಲ. ಪುಟ 89ರಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವುದಕ್ಕೆ ನಿಖರವಾದ ಸಾಮ್ಯವೆಂದು ಹೇಳುವಂತೆ ಹರಳಿನ ರಚನಾಕ್ರಮದ ಲಕ್ಷಣವು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಾಲುಗೊಳ್ಳಲಾಗುವ ಹಲವು ದಿಕ್ಕುಗಳನ್ನು ವಿಧಿಸುವುದು. ಕಬ್ಬಿಣದ ಹರಳುಗಳು ಘನಾಕೃತಿಯ ಏಕಮಾನಕೋಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು ಮತ್ತು ಘನಾಕೃತಿಯ ಅಕ್ಷ ಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿ ಪಡೆಯುವ ದಿಕ್ಕುಗಳೇ ಆಗಿರುವುವು. ಇತರ ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ, ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಘನಾಕೃತಿಯ ಕರ್ಣರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿರುವುವು. ಹೇಗಾದರೂ, ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿ ಇಲ್ಲದ ಒಂದು ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕ್ರಮಬದ್ಧ ವಾಗಿರುವುದು. ಯಾವುದಾದರೊಂದು ದಿಕ್ಕಿನ ಕಡೆಗೆ ತೋರಿಸುವ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳುಳ್ಳ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಎಷ್ಟಿವೆಯೋ ಅಷ್ಟೇ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳುಳ್ಳ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರ ಗಳಿರುವುವು. ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವಿನ್ಯಾಸದ ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.5ರಲ್ಲಿ ಆಗಲೇ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಧ್ರುವೀಕರಣದಂತೆಯೇ, ಅಯಸ್ಕಾಂತಕರಣವೂ ಕೂಡ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಂದಿಗೆ

ಅಧಿಕಕೋನದಲ್ಲಿ ಬಾಗಿರುವ ದಿಕ್ಕುಳ್ಳ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳುಳ್ಳ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು "ನುಂಗುವುದರಿಂದ" ಉಂಟಾಗುವುದು.

ಅಣುಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಗೂ ಮತ್ತು ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಗೂ ಸರಿಯುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳ ತಿಕ್ಕಾಟವು ದ್ರವ್ಯದ ಯಾವುದೇ ಸ್ಥಿತಿಯ ಒಂದು ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಲಕ್ಷಣ. ಇದನ್ನು ಇದೇ ಪ್ರಕಾಶಕರಿಂದ ಪ್ರಕಟಿತವಾದ ಈ ಗ್ರಂಥಕರ್ತನ ಇನ್ನೊಂದು ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ವಿವರವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಿದೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಹೆಸರು : **ಪರಮಾಣುಗಳ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆ ಮತ್ತು ಅವ್ಯವಸ್ಥೆ** ಎಂದು.

ಈ ಮಾಲೆಯ ಎರಡನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಂಡಿರುವಂತೆ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಯ ಕಡೆಗೆ ಸರಿಯುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು ಕನಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯದ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸರಿಯುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯೇ ಆಗಿರುವುದು. ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯು ಹೆಚ್ಚಿಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ, ಕಣಗಳು, ತಮ್ಮಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾವೇ ಇರುವಾಗ, ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯ ಅದ್ಭುತ ದೃಷ್ಟಾಂತವಾದ ಹರಳನ್ನು ರಚಿಸುವುವು. ಪರಮಾಣುಗಳ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಹರಳು ಆದರ್ಶಪ್ರಾಯ ವಾದ ವ್ಯವಸ್ಥಾಕ್ರಮದ ಸಂಕೇತವಾಗಿರುವುದು. ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು ಶಕ್ತಿಯ ಅವನತಿಯ ಅಥವಾ ಜಡೋಷ್ಣದ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯ ನಿಯಮದಿಂದ ವಿಧಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ, ಜಡೋಷ್ಣ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳ ಕೈಮೇಲಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ದ್ರವ್ಯವಿರುವ ಚಾಲ್ತಿಯ ರೂಪವಾಗಿರುವುದು.

ಲೋಹಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವಾಗ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಮುಂದೆ ಹೇಳುವಂತಿರುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಒಂದು ಕಡೆಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆಗೆ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡಲುಪಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ. ಮೊದಲಿಗೆ ಈ ಆಂದೋಲನಗಳು ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿರುವ ಕ್ರಮವನ್ನು ಭಂಗಪಡಿಸದೆ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತದೆ. ಆಮೇಲೆ ಮೊದಲು, ಒಂದು ಮತ್ತು ತರುವಾಯ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಮಾಣುವು "ತಪ್ಪಾದ" ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ತಿರುಗುವುವು. ಕ್ರಮಾನ್ವಿತವಾದ ಸಾಲುಗಳಿಂದ ಹೀಗೆ ಹೊರಗಾಗುವ ಇಂತಹ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲೇ ಹೋಗುವುದು. ಕೊನೆಗೆ ಒಂದು

ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ (ಕ್ಯೂರಿ ಬಿಂದು) ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಒಡೆದುಹೋಗುವುದು.

ಏಕೆ ಅಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಲೋಹಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಗಾತ್ರದ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುವುದು ಕಷ್ಟ. ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿನ ಯಾವ ವಿಶಿಷ್ಟ ವಿವರಗಳು ಈ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಒಂದು ವ್ಯಾವರ್ತಕ ವರ್ಗವಾಗಿಸುವುವು ? ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗಾಗಿ ಬರೆದಿರುವ ಈ ಸಣ್ಣ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೂ ಉತ್ತರವು ಸಿಗುವುದೆಂದು ವಾಚಕನು ಬಯಸಿದರೆ ಆತನ ಬೇಡಿಕೆಯು ಮಿತಿಮೀರಿದ್ದೆಂದು ನನಗೆ ತೋರುತ್ತದೆ.

ಇತರ ಪದಾರ್ಥಗಳ ವರ್ತನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಚರ್ಚಿಸೋಣ.

ಪ್ರತಿಕಾಂತೀಯ ಮತ್ತು ಅನುಕಾಂತೀಯ ಕಾಯಗಳು

ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ, ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಕಾಂತೀಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯು ಏಕಾಂಕಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದ ಮೌಲ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದೆಂದು ಆಗಲೇ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಾದ ಮೌಲ್ಯದ μ ಉಳ್ಳ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು **ಅನುಕಾಂತೀಯ** ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು; ಅದು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು **ಪ್ರತಿಕಾಂತೀಯ** ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದು. ಎರಡು ವರ್ಗದ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳ ಹಲವು ದೃಷ್ಟಾಂತಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ :

	μ		μ
ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ	1.000 023	ಬೆಳ್ಳಿ	0.999 981
ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್	1.000 175	ತಾಮ್ರ	0.999 912
ಪ್ಲಾಟಿನಂ	1.000 253	ಬಿಸ್ಮತ್	0.999 824

ಈ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಒಂದರಿಂದ ಬಹುಸ್ವಲ್ಪವೇ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದರೂ, ಅತಿ

ನಿಖರವಾದ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಪದಾರ್ಥಗಳ ಗುಣಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಅಳತೆಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭ ಮಾಡಿದ ಪ್ರೇರೇಪಕ ಕ್ಷೋಭೆಯ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ತ್ರಾಸಿನ ಸಹಾಯದಿಂದಲೇ ಪಡೆಯಬೇಕು.

ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮತ್ರಾಸಿನ (ಇದು ಒಂದು ಗ್ರಾಂನ ನೂರು ಲಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟರೊಳಗಿನ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಬಲಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಬಲ್ಲುದು ಎಂಬುದು ತಿಳಿದಿರುವ ವಿಷಯ) ಒಂದು ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ತೂತು ಮಾಡಬೇಕು. ಒಂದು ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ಮಧ್ಯೆ ತೂಗಾಡುತ್ತಿರುವ ಮಾದರಿ ವಸ್ತುವನ್ನು ಈ ತೂತಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಒಂದು ದಾರದಿಂದ ತೂಗುಹಾಕಿದೆ. ಕಾಂತದ ಧ್ರುವ ಲಾಳಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸಮರೂಪವಲ್ಲದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಉಂಟುಮಾಡುವ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಆಗ ಮಾದರಿ ವಸ್ತುವು ತೀವ್ರ ಕ್ಷೇತ್ರವಿರುವ ಪ್ರದೇಶದ ಕಡೆಗೆ ಆಕರ್ಷಿತವಾಗುವುದು ಅಥವಾ ಅದರಿಂದ ವಿಕರ್ಷಿತವಾಗುವುದು. ಮಾದರಿ ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದ್ದರೆ, ಅದು ಒಳಕ್ಕೆ ಎಳೆಯಲ್ಪಡುವುದು; ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅದು ಹೊರಕ್ಕೆ ದೂಡಲ್ಪಡುವುದು. ಬಲದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪುಟ 160ರಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವಿಲ್ಲದಿರುವಾಗ, ಮಾದರಿ ವಸ್ತುವನ್ನು ತೂಕದ ಬಟ್ಟುಗಳಿಂದ ಸಮತೂಗಿಸಲಾಗಿರುವುದು. ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದಾಗ ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿಯು ಕೆಡುವುದು. ಅನುಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವಾಗ, ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪುನಃ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲು ಇನ್ನೂ ತೂಕದ ಬಟ್ಟುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಪ್ರತಿಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳಲ್ಲಿ, ಹಲವು ತೂಕದ ಬಟ್ಟುಗಳನ್ನು ತೆಗೆಯಬೇಕಾಗುವುದು. ಒಳ್ಳೆಯ ತ್ರಾಸಿನ ಬಳಕೆಯಿಂದ ನಮ್ಮ ತೊಡಕಿನ ಕಾರ್ಯಭಾರವನ್ನು ನಿಭಾಯಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ (ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ ಒಂದು ಟೆಸ್ಲದ ಹಲವು ನೂರನೇ ಒಂದು ಭಾಗಗಳಷ್ಟರ ಅಸಮರೂಪವುಳ್ಳ ಕ್ಷೇತ್ರವಿರುವ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದಾದ

ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿ) ಪದಾರ್ಥದ 1(ಸೆಂ.ಮೀ.) ಅಷ್ಟರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲವು ಸುಮಾರು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಗ್ರಾಂಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಅನುಕಾಂತೀಯ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಕಾಂತೀಯ ಈ ಎರಡು ಬಗೆಯ ಗುಣಗಳಿಗೂ ಸಾಕಷ್ಟು ಸುಲಭವಾಗಿಯೇ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು.

ಪ್ರತಿಕಾಂತತೆಯು, ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪದಾರ್ಥದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೂ ಒಂದು ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ವಿಷಯದ ನೇರವಾದ ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿರುವುದು. ಈ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಭ್ರಮಣವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುವ ತಮ್ಮದೇ ಆದ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಪ್ರತಿಕಾಂತತೆಯು ಎಲ್ಲಾ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಗುಣ.

ಅನುಕಾಂತತೆ ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಲೋಹಕಾಂತತೆಯು ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪ್ರತಿಕಾಂತೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು "ಅಡಗಿಸುತ್ತದೆ."

ಅನುಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಥವಾ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪದಾರ್ಥಗಳು. ಈ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಕಕ್ಷೀಯ ಚಲನೆಯಿಂದಾಗಲಿ, ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಭ್ರಮಣದಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಎರಡೂ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಲಿ ಉಂಟಾಗಿರಬಹುದು.

ಪ್ರತಿಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಭಾವದಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅನುಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ, ಆದರೆ ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯ ಕಾರಣದಿಂದ, ಲೋಹ ಕಾಂತೀಯ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ಯೂರಿ ಬಿಂದುವಿಗಿಂತ ಮೇಲೆ ಇರುವಂತೆಯೇ ಸಂಪೂರ್ಣವಾದ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದಾಗ, ಕ್ಷೇತ್ರದ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಏರ್ಪಡಿಸುವ ಬಲಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ತಾಪೀಯ ಚಲನೆಯಿಂದಾದ ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಗೂ ಹೋರಾಟವೇರ್ಪಡುವುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿದಾಗ, ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ

ಪರಮಾಣುಗಳು ಅವುಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನೊಂದಿಗೆ ಲಘುಕೋನ ಮಾಡುವ ಹಾಗೆ ನೆಲೆಗೊಳ್ಳುವುವು. ಇದರಿಂದ ಅನುಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು ಉಷ್ಣಾಂಶವು ತಗ್ಗಿದಾಗ ಏಕೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು ಎಂಬುದು ವಿಶದವಾಗುತ್ತದೆ.

ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ

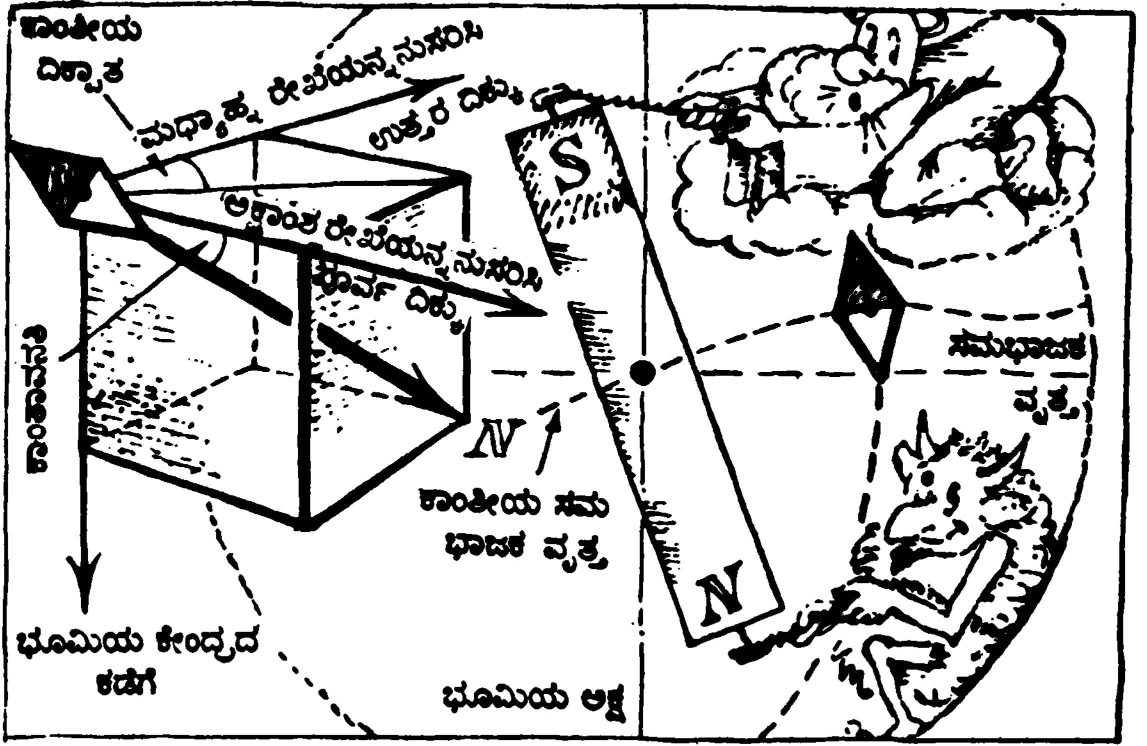
ಯಾವುದೇ ಉಪಕರಣವನ್ನೂ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಭೌತ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ರಚಿಸಲಾಗುವುದು ಎಂಬ ವಿಷಯವು ಇಂದು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ರೂಢಿಯಲ್ಲಿ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಉಪಕರಣದ ರಚನೆಯಾದ ನಂತರ, ಯಂತ್ರಕಲಾ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಅದರಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ವಹಿಸುವರು; ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಮುಂದೇನೂ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಉಪಕರಣದ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ ಭೌತಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನದ ಸ್ವರೂಪವು ಉಪಕರಣದ ರಚನೆಯಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆಯೇ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದಿತು.

ದಿಕ್ಸೂಚಿಯ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿಯಾದರೋ ವಿಷಯವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದಿತು. ಅದು ಪ್ರಾಯಶಃ 11ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಚೀನಾದಲ್ಲಿ ರೂಪಿತವಾಯಿತು ಮತ್ತು ಅದರ ಕಾರ್ಯರೀತಿಯ ತತ್ವವು ನಿಜವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವುದಕ್ಕೆ ನೂರಾರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಮುಖ್ಯ ನಾವಿಕ ಉಪಕರಣವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದಿತು. ಸೂಜಿಯ ಒಂದು ಕೊನೆಯು ಏಕೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕನ್ನೇ ತೋರಿಸಿರುತ್ತದೆ ? ಆಗಿನ ಕಾಲದ ಬಹುಮಂದಿ ಪ್ರಾಜ್ಞರು ಸೂಜಿಯ ವರ್ತನೆಯು ಭೂಮಿಯ ಹೊರಗಡೆಯ ಬಲಗಳಿಂದ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸೂಜಿಯ ತುದಿಯನ್ನು ಉತ್ತರ ನಕ್ಷತ್ರವು (Polaris ಧ್ರುವ ನಕ್ಷತ್ರ) ಆಕರ್ಷಿಸುವುದರಿಂದ, ಆಗಿರಬೇಕೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದರು.

ವಿಲಿಯಂ ಗಿಲ್ಬರ್ಟ್ (1540–1603) ಎಂಬಾತನ **ಕಾಂತ, ಕಾಂತೀಯ ಕಾಯಗಳು** ಮತ್ತು **ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಕಾಂತ–ಭೂಮಿ** ಎಂಬ ಉಜ್ವಲ ಕೃತಿಯು 1600ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾಯಿತು. ನಿಖರವಾದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಚಾರಸರಣಿಯಿಂದ ಈ

ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಕಾಂತೀಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗೆ ಬಹಳ ಹತ್ತಿರ ಸಾಗುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಗಿಲ್ಬರ್ಟನು ಸೂಜಿಗಲ್ಲು (lodestone) ಎಂಬ ಕಾಂತೀಯ ಕಬ್ಬಿಣದ ಅದಿರಿನ ಒಂದು ಚೂರನ್ನು ಒಂದು ಗೋಳದ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾಡಿ, ಅದರ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳ ಮೇಲ್ಗಡೆ ತೂಗುಹಾಕಿದ ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ದಿಕ್ ವಿನ್ಯಾಸದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಕೂಲಂಕಷವಾದ ಪರಿಶೀಲನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದನು. ಅದಕ್ಕೂ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ದಿಕ್ಸೂಚಿಯಲ್ಲಿನ ಸೂಜಿಯ ದಿಕ್‌ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕೂ ಪೂರ್ತಿಯಾದ ಸಮಾನತೆ ಇರುವುದನ್ನು ಕಂಡುಕೊಂಡನು. ಭೂಮಿಯು ಅದರ ಅಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕನ್ನೇ ಉಳ್ಳ ಅಕ್ಷವನ್ನುಂಟಾಗಿರುವ ಒಂದು ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತವೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಂಡರೆ ದಿಕ್ಸೂಚಿಯ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬಂದನು.

ಈ ಕ್ಷಣದಿಂದಲೇ ಭೂಕಾಂತತೆಯ ವ್ಯಾಸಂಗವು ಹೊಸ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಏರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು ನೇರವಾಗಿ ಉತ್ತರದ ಕಡೆಗೇ ತಿರುಗಿರುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಭೂಗೋಳಿಕ ಮಧ್ಯಾಹ್ನ ರೇಖೆಯಿಂದ ದಿಕ್ಸೂಚಿ ಸೂಜಿಯ ದಿಕ್ಕು ಅಗಲಿರುವ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ **ಕಾಂತೀಯ ದಿಕ್ಪಾತ** (magnetic declination) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಭೂಮಿಯ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕಾಂತೀಯ ಧ್ರುವಗಳು 11.5° ಗಳಷ್ಟು ಸ್ಥಾನತಪ್ಪಿವೆ (ಚಿತ್ರ 3.10). ಸೂಜಿಯು ಸರಿಯಾಗಿ ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ (ಉತ್ತರಾರ್ಧ ಗೋಳದಲ್ಲಿ) ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಕ್ಷಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ **ಕಾಂತಾವನತಿ** (magnetic dip) ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ ಕೋನದಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಡೆಗೆ ಬಾಗಿರುವುದು. ಭೂಮಿಯ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತಾವನತಿಯನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಿ ನೋಡಿದರೆ, ಕಾಂತೀಯ "ದ್ವಿಧ್ರುವ"ವು ಭೂಮಿಯ ಅಂತರಾಳದಲ್ಲಿರುವುದೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತೇವೆ. ಅದು ಒಂದು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ, ಈ ಅಸಮತೆಯ ಪರಿಮಾಣವು ಕಾಂತೀಯ ಧ್ರುವಗಳಲ್ಲಿ 0.6×10^{-4} T ಅಷ್ಟೂ ಮತ್ತು ಸಮಭಾಜಕ ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ 0.3×10^{-4} T ಅಷ್ಟೂ ಇರುವುದು.



ಚಿತ್ರ 3.10

ಭೂಮಿಯ ಒಳಗಿರುವ ಈ "ಕಾಂತ"ವು ಯಾವುದು ? ಕಾಂತೀಯ "ದ್ವಿಧ್ರುವ"ವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಕರಗಿರುವ ಕಬ್ಬಿಣವೇ ಆಗಿ ಭೂಮಿಯ ಒಳಗರ್ಭ ದಲ್ಲಿರುವುದು. ಕರಗಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಕಬ್ಬಿಣವು ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ವಾಹಕವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ, ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ವಿಧದ "ಕಾಂತೀಯ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕ ಯಂತ್ರ"ದ ಮಾದರಿ ಒಂದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಮಾದರಿಯನ್ನು ನಾವು ವಿವರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. "ಭೂಗೋಳೀಯ ಕಾಂತ"ವು ಕರಗಿರುವ ಕಬ್ಬಿಣದ ಗರ್ಭ ಪ್ರದೇಶದ ಮೂಲಕ ಸಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಪರಿಣಾಮವೆಂದಿಷ್ಟು ಹೇಳಿದರೆ ಸಾಕು.

ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವುದು. ಕಾಂತೀಯ ಧ್ರುವ ಗಳು ವರ್ಷಕ್ಕೆ 5 ಅಥವಾ 6 ಕಿ.ಮೀ.ಗಳಷ್ಟು ಸ್ಥಳಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತಲೇ ಇರು

ವುವು. ಪೂರ್ತಿ ಭೂಮಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಇದು ಕಡೆಗಣಿಸಬಹುದಾದ ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟ ಮತ್ತು ನೂರಾರು ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಾದ ಮೇಲೆಯೇ ಕಾಣಬಹುದಾದ ಸಂಭವ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿಯೇ ಇದನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದೀರ್ಘ ಕಾಲಿಕ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂದು ಕರೆಯುವುದು.

ನಮ್ಮ ಗ್ರಹದ ಮೇಲಿನ ಯಾವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೇ ಆದರೂ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತತೆಯ ಎಲ್ಲಾ ಮೂಲಾಂಶಗಳ ನಿಖರವಾದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಎಷ್ಟು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯುಳ್ಳದ್ದು ಎಂಬುದನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಕಾಂತೀಯ ದಿಕ್ಸೂಚಿಯು ಈಗಲೂ ನಾವಿಕರಿಗೆ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತಿರುವುದು. ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗಿರುತ್ತ, ಕಾಂತಾವನತಿ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ದಿಕ್ಪಾತ ಇವುಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಭೂಪಟಗಳನ್ನು ಅವರಿಗೆ ಒದಗಿಸಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 3.10ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಧ್ರುವಗಳ ಸಮೀಪವಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಉತ್ತರದ ತುದಿಯು ಉತ್ತರದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ತೋರಿಸುತ್ತಿಲ್ಲ. ಸಮಭಾಜಕ ವೃತ್ತದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿಯೂ, ಕಾಂತೀಯ ಭೂಪಟ ವಿಲ್ಲದೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವುದು ಕಷ್ಟ. ಕಾಂತೀಯ ಸಮಭಾಜಕ ವೃತ್ತವು ಶೂನ್ಯ ಅಕ್ಷಾಂಶದ ರೇಖೆಯೊಂದಿಗೆ (ನಿಜವಾದ ಸಮಭಾಜಕ ವೃತ್ತ) ಸರಿಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳು ವುದಿಲ್ಲ.

ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ನಿಖರವಾದ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯು ನೆಲದ ಮೇಲೆಯೂ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಭೂವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುವುದು. ಆದರೆ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿಸ್ತಾರ ವಾಗಿ ಬರೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಭೂವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಅಥವಾ ಭೂ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನವು (geophysics) ಮುಖ್ಯವೂ ಮತ್ತು ವ್ಯಾಪಕವೂ ಆದ ವಿಜ್ಞಾನ ಭಾಗವಾಗಿದ್ದು ಅದು ಬೇರೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಚರ್ಚೆಗೆ ಅರ್ಹವಾಗಿರುವುದು.

ಪ್ರಾಚೀನ ಮತ್ತು ಚರಿತ್ರಪೂರ್ವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಒಂದು ಭಾವನೆಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವ ಪುರಾಕಾಂತೀಯ (paleo-magnetic) ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಹಲವು ಮಾತು

ಗಳನ್ನು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಈ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಕಲ್ಲುಬಂಡೆ, ಮುಂತಾದವುಗಳ ಅವಶಿಷ್ಟ ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿದೆ.

ಚರಿತ್ರಪೂರ್ವ ಅವಧಿಗೆ ಬಳಸಲಾದ ವಿಧಾನಗಳ ಮುಖ್ಯಾಂಶವು ಹೀಗಿದೆ. ಇಟ್ಟಿಗೆಗಳು ಮತ್ತು ಮಣ್ಣಿನ ಪಾತ್ರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮಣ್ಣನ್ನು ಸುಡುವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿನ ಅವಶಿಷ್ಟ ಕಾಂತತೆಯು ಇರುವುದು. ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ದಿಕ್ಕು ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಸುಟ್ಟು ಆರಿಸುವಾಗ ಇದ್ದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕೇ ಆಗಿರುವುದು. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅದರ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ.

ಇದೇ ತರಹದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಮತ್ತೊಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತವೇನೆಂದರೆ, ಒಂದು ಅದರಿನ ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯ ಭೂಗೋಳೀಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು, ಅದರ ಕಾಲವನ್ನು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳ ಮೊತ್ತದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಭೂಖಂಡದ ವಿಸ್ಥಾಪನೆಗೆ (continental drift) ಪುರಾಕಾಂತೀಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾದ ಸಮರ್ಥನೆ ನೀಡುತ್ತವೆ. ಭೂಖಂಡಗಳನ್ನು ಲಾರೇಷಿಯ ಮತ್ತು ಗೊಂಡ್ವಾನಾಲ್ಯಾಂಡ್ ಎಂಬ ಎರಡು ಮಹಾ ಭೂಖಂಡಗಳಾಗಿ ಒಡೆದ ಪ್ಯಾನ್‌ಜೇನಿಯ ಎಂಬ ಒಂದೇ ಒಂದು ಬೃಹತ್ ಭೂಖಂಡವಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭೂಖಂಡಗಳಲ್ಲಿ ಹತ್ತಾರು ಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಅದರಿನ ಸಂಚಯನಗಳ ಕಾಂತತೆಯು ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿರುವಂತೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಆಮೇಲೆ ಈ ಭೂಖಂಡಗಳು ಇನ್ನೂ ಒಡೆದು ಬೇರ್ಪಟ್ಟವು. ದೃಷ್ಟಾಂತವಾಗಿ, ಗೊಂಡ್ವಾನಾಲ್ಯಾಂಡ್ ಆಫ್ರಿಕ, ಆಸ್ಟ್ರೇಲಿಯ, ಅಂಟಾರ್ಕ್‌ಟಿಕ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ಅಮೆರಿಕಗಳಾಗಿ ಒಡೆಯಿತು ಮತ್ತು ಇವುಗಳು ಕ್ರಮೇಣವಾಗಿ ದೂರ ದೂರ ಸರಿದವು.

ಇದುವರೆಗೂ ಕಾಂತತೆಯ ಭೂಗೋಳಾಂತರ್ಗತವಾದ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲವನ್ನು ಮತ್ತು ಇದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಅದರ ಮುಖ್ಯ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಮಾತ್ರ

ಸೂಚಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಬಾಹ್ಯಾವಕಾಶದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳು ಬಂದು ಸೇರುವುದರಿಂದಲೂ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಹಲವು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಉಂಟಾಗಬಹುದು. ಇವುಗಳು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ವಿಸರ್ಜಿತವಾದ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪ್ರವಾಹಗಳು. ಕ್ಷೇತ್ರವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ಕಾಂತೀಯ ಧ್ರುವಗಳ ಕಡೆಗೆ ಒಯ್ಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ಲಾರೆಂಟ್ಸ್ ಬಲದ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಒಂದು ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಎರಡು ಸಂಭವಗಳುಂಟಾಗುವುವು. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ, ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಕಣಗಳು ಕಾಂತೀಯ ಸಂಕ್ಷೋಭೆಗಳಿಂದಾದ (magnetic storms) ಒಂದು ಹೆಚ್ಚಿಗೆಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುತ್ತವೆ. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಅವುಗಳು ವಾಯುಮಂಡಲದ ಅನಿಲಗಳ ಅಣುಗಳನ್ನು ಅಯಾನೀಕರಿಸುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉತ್ತರ ಜ್ಯೋತಿ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಅರೋರ ಬೊರಿಯಾಲೀಸ್ (aurora borealis) ಎಂಬುದು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ (ಇದು ಉತ್ತರಾರ್ಧಗೋಳದಲ್ಲಿ : ದಕ್ಷಿಣಾರ್ಧ ಗೋಳದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಜ್ಯೋತಿಗೆ ಅರೋರ ಆಸ್ಟ್ರಾಲೀಸ್ ಎಂದು ಹೆಸರು). ತೀವ್ರವಾದ ಕಾಂತೀಯ ಸಂಕ್ಷೋಭೆಗಳು (11.5 ವರ್ಷಗಳಾದನಂತರ) ಆವರ್ತವಾಗಿ ಸಂಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಅವಧಿಯೇ ಸೂರ್ಯನ (ಕಾಂತೀಯ) ಕ್ರಿಯಾಶೀಲತೆಯು ಅತ್ಯಂತ ತೀವ್ರವಾಗಿರುವ ಅವಧಿಯೂ ಆಗಿರುವುದು.

ಅಂತರಿಕ್ಷ ನೌಕೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾಡಲಾದ ನೇರವಾದ ಅಳತೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದೇನೆಂದರೆ : ಭೂಮಿಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಕಾಯಗಳು – ಚಂದ್ರ ಮತ್ತು ಶುಕ್ರ, ಅಂಗಾರಕ ಗ್ರಹಗಳು – ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿರುವಂತಹ ಸ್ವಂತವಾದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಇತರ ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ, ಗುರು ಮತ್ತು ಶನಿ ಇವುಗಳು ಮಾತ್ರ ತಮ್ಮದೇ ಆದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಗುರುವಿನ ಮೇಲೆ 10 Gs ಗಳಷ್ಟರವರೆಗಿನ ತೀವ್ರತೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನೂ ಮತ್ತು (ಕಾಂತೀಯ ಸಂಕ್ಷೋಭೆಗಳು, ಸಿಂಕ್ರೊಟ್ರಾನ್ ರೇಡಿಯೋ–ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಕಿರಣ, ಮುಂತಾದ) ಹಲವಾರು ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು.

ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು

ಕಾಂತತೆಯು ಗ್ರಹಗಳ ಮತ್ತು ಅಳಿದುಹೋದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಮೇಲೆಯೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಅಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡುಬರುವುದು. ಸೂರ್ಯನು ನಮಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರವಾದುದರಿಂದ, ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಇದರ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿಚಾರ ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಸೂರ್ಯನ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸೂರ್ಯಗ್ರಹಣಗಳ ಕಾಲಗಳಲ್ಲಿ ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ಕಾಣ ಬಹುದು. ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಸೌರದ್ರವ್ಯದ ಕಣಗಳು ಬಲ ರೇಖೆಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ಸಾಲುಗೊಂಡು, ಈ ರೇಖೆಗಳ ಚಿತ್ರ ಒಂದನ್ನು ರೂಪಿಸು ತ್ತವೆ. ಕಾಂತೀಯ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಿ ಹೇಳಬಹುದು. ಹತ್ತಾರು ಸಾವಿರ ಕಿಲೋ ಮೀಟರುಗಳ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಭೂಮಿಯ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಸಾವಿರ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಈ ಪ್ರದೇಶಗಳಿಗೆ **ಸೂರ್ಯ ಕಳಂಕಗಳು** (sunspots) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ಕಳಂಕಗಳು ಸೂರ್ಯನ ಮಿಕ್ಕ ಮೇಲ್ಮೈಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮಸುಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಡಿಮೆ ಯಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಸೂರ್ಯನ "ರೂಢಿಯ" ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ 2000 ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಕೆಳಗೆ.

ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ, ತೀವ್ರವಾಗಿರುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಬಂಧಿಸಿರಲೇಬೇಕೆಂಬುದರಲ್ಲಿ ಅನುಮಾನ ವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಈ ಎರಡು ವಿಷಯುಗಳಿಗೂ ಸಂಬಂಧ ತೋರಿಸುವ ಸಮಂಜಸವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಒಂದು ಇನ್ನೂ ರೂಪಗೊಂಡಿಲ್ಲ.

ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವಿಷಯವೇನು ? ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಖಗೋಳ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿನ ಪ್ರಗತಿಯು ಎಷ್ಟು ವಿಸ್ಮಯಕಾರಕವಾಗಿರುವುದೆಂದರೆ, ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಮೇಲೆ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿರುವುದನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವುದು ಈಗ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈ "ತಾರೆಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಕಳಂಕಗಳು" ಸುಮಾರು 10 000° C ಉಷ್ಣಾಂಶವುಳ್ಳ ದ್ದಾಗಿರುವುವೆಂದೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬಹು

ದಲ್ಲದೆ ತಿಂಗಳುಗಳ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಕಣ್ಮರೆಯಾಗಲೂಬಹುದು ಎಂದೂ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಕಳಂಕಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲು ಪೂರಾ ನಕ್ಷತ್ರವೇ ಸುತ್ತುತ್ತಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಂಡರೆ ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಸುಲಭ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು.

ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಇರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಹಲವು ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ಅಸಂಗತ ತೀವ್ರತೆಯು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಕಾಂತೀಯ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ತಮ್ಮ ಕಾಂತೀಯ ಸಮಭಾಜಕ ವೃತ್ತದ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಾದ ಕಬ್ಬಿಣವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವುವು ಎಂದು ಕಂಡುಬರುವುದು.

ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಬಹಳ ದುರ್ಬಲವಾಗಿರುವುವು. (ಒಂದು ಗೌಸ್‌ನ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು). ಇದಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶ ವಿರುವುದು. ವಿಶ್ವದಾದ್ಯಂತ ಹರಡಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಉಂಟಾದಾಗ, ನಕ್ಷತ್ರ ದ್ರವ್ಯದ ಸಾಂದ್ರೀಕರಣದ ಜೊತೆಗೆ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ "ಸಾಂದ್ರೀಕರಣ"ವೂ ಏರ್ಪಡುವುದು. ಹಾಗಾದರೆ, ಎಲ್ಲಾ ನಕ್ಷತ್ರಗಳೂ ಏಕೆ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿಲ್ಲ ?

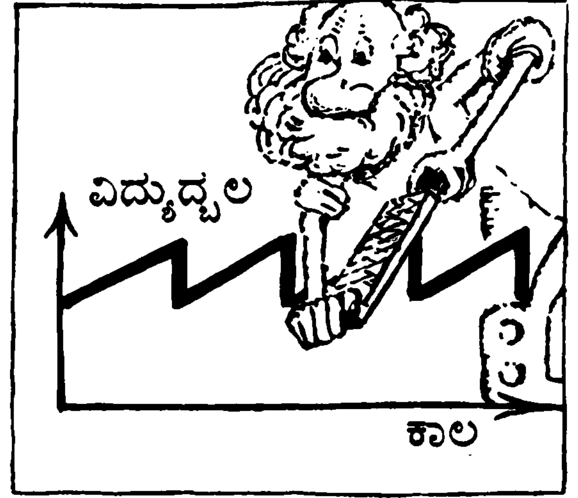
ಭೂಮಿಯು ಹತ್ತಾರು ಸಾವಿರ ಲಕ್ಷ ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲದಿಂದ ಇದೆ. ಇದರಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಅದರ ಅಂತರಾಳದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಪೋಷಿಸಿಕೊಂಡು ಬರುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಸ್ಥಿರಪಡುವುದು. ಹಲವು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವಿಲ್ಲವಾಗಿ, ಎಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ತಣ್ಣಗಾಗಿವೆಯೆಂದರೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಆಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಇರುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ ಈ ವಿವರಣೆಯು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾದುದೆಂಬುದು ಅಸಂಭವನೀಯ.

4. ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದ ಸಂಗ್ರಹ ನಿರೂಪಣೆ

ಜ್ಯಾವಕ್ರೀಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲ

ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶಗಳೂ ಮತ್ತು ಶುಷ್ಕ ಕೋಶಗಳೂ ಏಕಮುಖೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮೂಲಗಳು. ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮುಖ್ಯ ತಂತಿಗಳಾದರೋ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುವು. "ಏಕಮುಖಿ" ಮತ್ತು "ಪರ್ಯಾಯ" ಎಂಬ ಪದಗಳು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ, ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ಪರಿಪಥದ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವಾಗ ಈ ಮೊತ್ತಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದಿದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು **"ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ"** ಅಥವಾ **"ಏಕಮುಖೀಯ" (d-c)** ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ; ಅವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು **"ಪರ್ಯಾಯ (a-c)"** ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

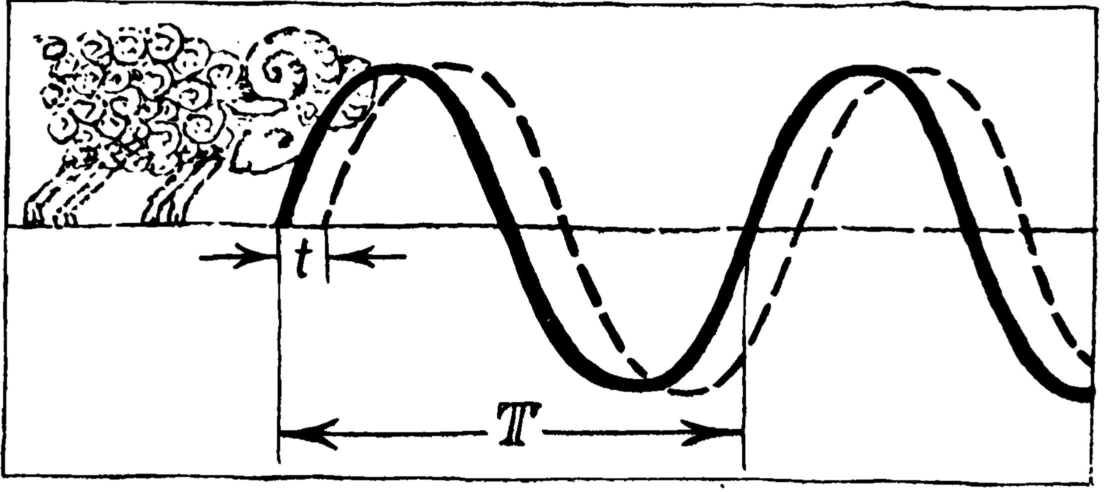
ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನನುಸರಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕಾಲದೊಂದಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ವಕ್ರರೇಖೆಯನ್ನು ಒಂದು ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣ ನಳಿಕೆಯ ಅಥವಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲ ನಳಿಕೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣವು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಸಮಾಂತರ-ಫಲಕ ಕೆಪಾಸಿಟರುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ಬಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಕೆಪಾಸಿಟರುಗಳ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ ಕಿರಣದಿಂದ ಉಂಟಾದ ಬೆಳಕಿನ ಚುಕ್ಕೆ ತೆರೆಯ ಮೇಲೆಲ್ಲಾ ಹರಿದಾಡುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 4.1

ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ನಾವು ಹೀಗೆ ಮುಂದುವರಿಯಬಹುದು. ಒಂದು ಜೊತೆ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಕ್ರಕಚದಂತ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು (sawtooth voltage) ಪ್ರಯೋಗಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಈ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ರೇಖೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲವು ಇದರ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಒಳಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ, ಚುಕ್ಕೆಯು ಪ್ರದೀಪ್ತಶೀಲ ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಏಕರೂಪವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ತನ್ನ ಆರಂಭ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ನೆಗೆದು ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಚುಕ್ಕೆಯ ಸ್ಥಾನವು ಕಾಲದ ಕ್ಷಣದ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿವಳಿಕೆ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಎರಡನೆಯ ಫಲಕ ಜೋಡಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ, ಚುಕ್ಕೆಯು ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಸಾರುವಾಗ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಒಂದನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಸರಳರೂಪದ ಉಪಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಕಾಣುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು ಅಲೆಯಾಕಾರದ ರೇಖೆಯು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

"ಕಂಪನಗಳು" (ಅಥವಾ "ಆಂದೋಲನಗಳು") ಎಂದು ನಾನು ಬಾಯಿತಪ್ಪಿ ಹೇಳಲಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಲಾಕ್ಷಣಿಕಗಳಾಗಿರುವ ಅನೇಕ ಮೊತ್ತಗಳು ಒಂದು ಲೋಲಕವು ತನ್ನ ಸಮತಾ ಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಕದಲಿಸಿದಾಗ ಅನುಸರಿಸುವ ಸಾಂಗತಿಕ ಅಥವಾ ಜ್ಯಾವಕ್ರೀಯ ನಿಯಮವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿ



ಚಿತ್ರ 4.2

ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುವುವು. ಒಂದು ಆಂದೋಲನ ಲೇಖಕ ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ (oscillograph) ಪಟ್ಟಣದ a-c ಮುಖ್ಯ ತಂತಿಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಇದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಡಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನಾಗಲಿ ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಗುರುತುಮಾಡಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ಗುಣಗಳೂ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಂಪನಗಳ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕಗಳೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಯ ಚಿತ್ರವು ಪುನರಾವರ್ತವಾಗುವ ಕಾಲದ ಅಂತರಕ್ಕೆ ಆವರ್ತ ಕಾಲ T ಎಂದು ಹೆಸರು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ν, –ಇದು ಆವರ್ತ ಕಾಲದ ವ್ಯುತ್ಕ್ರಮ ಸಂಖ್ಯೆ, –ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 50 ಅಥವಾ 60 ಆವರ್ತಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದೇ ಒಂದು (ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಲಭಿಸಿದ ವಕ್ರರೇಖೆಗೆ ಹೆಸರಾದ) ಜ್ಯಾರೇಖೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ, ಆರಂಭ ಕಾಲದ ಕ್ಷಣದ ಆಯ್ಕೆಯು ಏನೂ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಚಿತ್ರ 4.2ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಎರಡು ಜ್ಯಾರೇಖೆಗಳನ್ನು ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು

ಇಟ್ಟಾಗ, ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಕಲಾಂತರದ ಆವರ್ತ ಭಾಗವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಬೇಕು. ಕಲವನ್ನು $\varphi = 2\pi t/T$ ಎಂಬ ಕೋನದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಹೀಗಾಗಿ, ಎರಡು ರೇಖೆಗಳೂ ಒಂದು ಆವರ್ತ ಕಾಲದ ಕಾಲು ಭಾಗದಷ್ಟು ಪರಸ್ಪರವಾಗಿ ಸ್ಥಳಾಂತರ ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳು 90° ಕಲಾಂತರವುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ; ಆವರ್ತ ಕಾಲದ ಎಂಟನೇ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟಿದ್ದರೆ, ಕಲಾಂತರವು 45°, ಮುಂತಾಗಿ.

ಕಲಾಂತರವಿರುವ ಹಲವಾರು ಜ್ಯಾರೇಖೆಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವಾಗ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸುವರು. ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಉದ್ದವು ಜ್ಯಾರೇಖೆಯ ವೈಶಾಲ್ಯವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನವು ಕಲಾಂತರವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು. ಅನೇಕ ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪದ ಸಲಕರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಸರಳವಾದ ಜ್ಯಾರೇಖೆಯೊಂದಕ್ಕೆ ಬದಲು ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಳಾಂತರ ಹೊಂದಿರುವ ಹಲವಾರು ಜ್ಯಾರೇಖೆಗಳ ಮೊತ್ತವಾಗಿರುವ ರೇಖೆಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಏರ್ಪಾಡು ಇರುವುದು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಕುಣಿಕೆಯು ಒಂದು ಏಕರೂಪದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವೇಗದಿಂದ ಸುತ್ತುತ್ತಿದ್ದರೆ ಸರಳರೂಪದ ಜ್ಯಾವಕ್ರೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಉಂಟಾಗುವುದು ಎಂದು ಈಗ ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತೇವೆ.

ಬಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಆಯಾಕಾರದ ಕುಣಿಕೆಯು ಯಾವುದಾದರೂ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಕುಣಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವು

$$\Phi = \Phi_{max} \sin \varphi$$

ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ φ ಎಂಬುದು ಕುಣಿಕೆಯ ಸಮತಲ ಮತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕು ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನ. ಈ ಕೋನವು ಕಾಲವನ್ನನುಸರಿಸಿ $\varphi = 2\pi t/T$ ಎಂಬ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು.

ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪ

ಣೆಯ ನಿಯಮದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಅಂತರ τ ಉಳ್ಳ ಎರಡು ಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿನ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹಗಳ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಬರೆಯೋಣ :

$$\Phi = \Phi_{max} \sin \frac{2\pi}{T} t \text{ ಮತ್ತು } \Phi = \Phi_{max} \sin \frac{2\pi}{T}(t+\tau)$$

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು

$$2\,\Phi_{max} \cos \frac{2\pi}{T}\left(t+\frac{\tau}{2}\right)\sin\left(\frac{2\pi}{T}\frac{\tau}{2}\right)$$

t ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಮೌಲ್ಯದ್ದಾದುದರಿಂದ, ಈ ಮುಂದಿನ ಸನ್ನಿಕಟವಾದ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಸರಿಯಾಗಿರುವುವು :

$$\sin\left(\frac{2\pi}{T}\frac{\tau}{2}\right) \cong \frac{2\pi}{T}\frac{\tau}{2} \text{ ಮತ್ತು } \cos\frac{2\pi}{T}\left(t+\frac{\tau}{2}\right) \cong \cos\frac{2\pi}{T}t$$

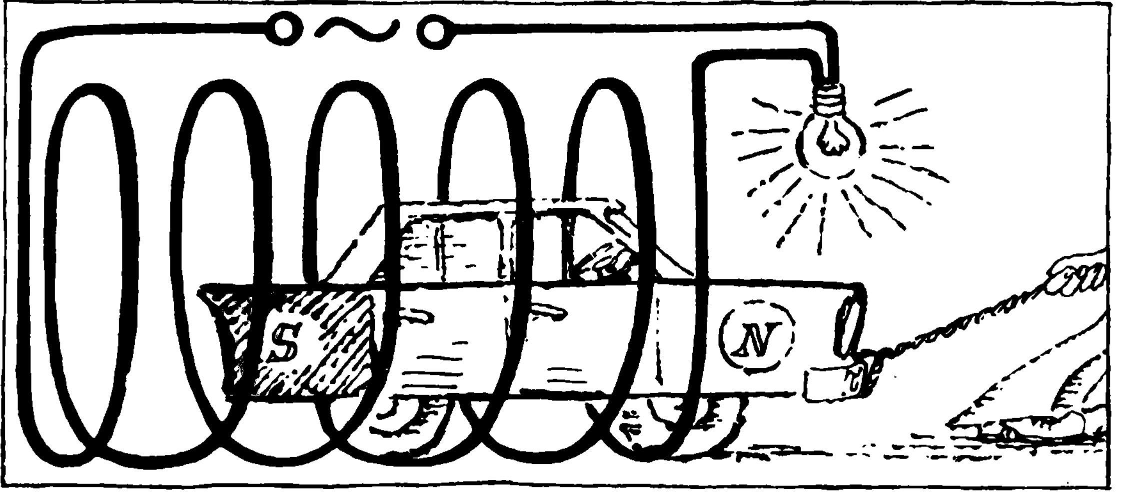
ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಏಕಮಾನ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟಾಗುವುದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಆಗ

$$\mathscr{E}^{ind} = \frac{2\pi}{T}\Phi_{max}\cos\frac{2\pi}{T}t = \frac{2\pi}{T}\Phi_{max}\sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{\pi}{2}\right)$$

ಈಗ ನಾವು ತೋರಿಸಿರುವುದೇನೆಂದರೆ ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹದ ಜ್ಯಾರೇಖೆಯಿಂದ 90° ಗಳ ಕಲಾಂತರದಷ್ಟು ಸರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಜ್ಯಾರೇಖೆಯಿಂದ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಪರಮಾವಧಿ ಮೌಲ್ಯವು ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹದ ವೈಶಾಲ್ಯ ಮತ್ತು ಆಯಾಕಾರದ ಕುಣಿಕೆಯ ಭ್ರಮಣದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮಾನುಪಾತವಾಗಿರುವುದು.

ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥದ ಪ್ರತಿರೋಧದಿಂದ ಭಾಗಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಆದರೆ

$$I_{a\text{-}c} = \frac{\mathscr{E}^{ind}}{R_{a\text{-}c}}$$



ಚಿತ್ರ 4.3

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದ ಭೇದದಲ್ಲಿ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಓಮ್ ಪ್ರತಿರೋಧಕ್ಕೆ ಅಂದರೆ ನಾವು ಹಿಂದೆ ಬಳಸಲಾಗಿದ್ದ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಮವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಬಹಳ ಒರಟಾದ ತಪ್ಪನ್ನು ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. $R_{a\text{-}c}$ ಎಂಬುದು ಓಮ್ ಪ್ರತಿರೋಧದಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲದೆ ಪರಿಪಥದ ಇನ್ನೂ ಎರಡು ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕಗಳು,ಅದಾಗಿ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿರುವ ಅದರ ಪ್ರೇರಕತ್ವ (inductance) ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕಗಳು, ಇವುಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲ್ಪಡುವುದು ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬರುವುದು.

ಓಮ್‌ನ ನಿಯಮವು ಏಕಮುಖೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕಾಗಿರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಮುಂದಿನ ಸರಳವಾದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ತೋರಿಸಿಕೊಡಬಹುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ದೀಪದ ಮೂಲಕವೂ ಮತ್ತು ಕಬ್ಬಿಣದ ಗರ್ಭತುಂಡು ಒಂದನ್ನು ಒಳಹುಗಿಸಲಾಗುವಂತಹ ಒಂದು ಸುರುಳಿ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕವೂ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವುಳ್ಳ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥವನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.3ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಮೊದಲಿಗೆ, ದೀಪದ ಪರಿಪಥವನ್ನು ಒಂದು ಡಿ-ಸಿ (d-c) (ಏಕಮುಖೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ) ಉತ್ಪತ್ತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸೇರಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆಮೇಲೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಗರ್ಭತುಂಡನ್ನು

ಸುರುಳಿಯೊಳಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಿ ಮತ್ತು ಹೊರಗಡೆಗೆ ತೆಗೆಯುತ್ತೇವೆ. ಏನೂ ಪರಿಣಾಮವೇ ಇಲ್ಲ ! ಪರಿಪಥದ ಪ್ರತಿರೋಧವೂ, ಹಾಗೆಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೂ, ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವಾಗಿರುವುದು. ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಈಗ ಪರಿಪಥವನ್ನು ಒಂದು ಎ-ಸಿ (a-c) (ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ) ಉತ್ಪತ್ತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸೇರಿಸಿ ಪುನಃ ನಡೆಸೋಣ. ಫಲಿತಾಂಶವು ಕೌತುಕವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದಲ್ಲವೇ ? ಈಗ ಸುರುಳಿ ಯೊಳಗೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ತುಂಡನ್ನು ಹುಗಿಸದಿದ್ದಾಗ ದೀಪವು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿ ಉರಿಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ಹುಗಿಸುತ್ತ ಹೋದಾಗ ದೀಪವು ಕ್ರಮೇಣ ಮಸಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುವ ಹೊರಗಣ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಮತ್ತು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವಾದ ಓಮ್ ಪ್ರತಿರೋಧವಿದ್ದಾಗ (ಇದು ತಂತಿಯ ಪದಾರ್ಥ, ಉದ್ದ ಮತ್ತು ಅಡ್ಡಕೊಯ್ತ—ಇವುಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು), ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸುರುಳಿಯೊಳಗೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ತುಂಡಿನ ಸ್ಥಾನದೊಂದಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತವೆ.

ಇದರ ಅರ್ಥವೇನು ?

ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಗರ್ಭತುಂಡು ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು (ಸಾವಿರಾರು ಸಲಗಳಷ್ಟು) ಎಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಿ. ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ಅಭಿವಾಹವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಲೇ ಹೋಗುವುದು. ಆದರೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಗರ್ಭತುಂಡು ಇಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ ಅದು ಶೂನ್ಯದಿಂದ ಯಾವುದಾದರೂ ಏಕಮಾನದವರೆಗೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವಾದರೆ, ಗರ್ಭತುಂಡಿದ್ದಾಗ ಅದು ಶೂನ್ಯದಿಂದ ಹಲವು ಸಾವಿರ ಏಕಮಾನಗಳ ವರೆಗೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು.

ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ತಮ್ಮ "ಸ್ವಂತ" ಸುರುಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಇದು ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಪ್ರೇರಣೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ರವಾಹವೊಂದನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಲೆಂಟ್ಸ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅದನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ದುರ್ಬಲಗೊಳಿಸುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವುದು : ಹೊರಗಿನ

ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏಕಮುಖೀಯವಾಗಿದ್ದಾಗ ಇಲ್ಲದಿದ್ದ ಒಂದು ಪ್ರತಿಬಂಧಕವನ್ನು ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಬೇರೆ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳ ಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹೆಚ್ಚಾದ ಪ್ರತಿರೋಧಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವುದು. ಏಕೆಂದರೆ, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ತನ್ನ ಸ್ವಂತ ಪರಿಪಥದ ತಂತಿಗಳ ಅಡ್ಡ ಲಾಗಿ ಹಾದು ಹೋಗಿ ಒಂದು ಹಿಮ್ಮರಳಿದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವನ್ನುಂಟುಮಾಡು ತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ **ಸ್ವಪ್ರೇರಣೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದು ಸರಾಸರಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ದುರ್ಬಲಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಹೆಚ್ಚಿಕೆಯಾದ ಪ್ರತಿ ರೋಧಕ್ಕೆ ಅದನ್ನು ನಿಜವಾದ (ಓಮ್) ಪ್ರತಿರೋಧದಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸು ವುದಕ್ಕಾಗಿ, **ಪ್ರೇರೇಪಕ ಪ್ರತಿಘಾತ** (inductive reactana) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ (ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ವಿಸ್ತೃತವಾದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಹೇಳ ಬೇಕಾದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ ಪೂರ್ತಿಯಾದ ಪರಿಪಥದ ಮೂಲಕ) ಹಾದುಹೋಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಸಮಾನು ಪಾತೀಯವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದು (ಇದು ಸಹಜ ವಾದುದೇ ಎಂದು ವಾಚಕನಿಗೆ ತೋರುವುದು) : $\Phi = LI$. **ಪ್ರೇರೇಪಕತ್ವ** L ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವ ಸಮಾನುಪಾತದ ಘಟಕಾಂಕವು ಪರಿಪಥ ಅಥವಾ ಸುರುಳಿಯ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಅದು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಗರ್ಭದಂಡಗಳ ಜಾತಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಸೂತ್ರದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವಂತೆ, ಪ್ರೇರೇಪಕತ್ವದ ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕ ಮೌಲ್ಯವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ಆಂಪೇರ್‌ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. L ಎಂಬುದರ ಅಳತೆಯ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ **ಹೆನ್ರಿ** ಎಂದು ಹೆಸರು (1 H = 1 ಓಮ್-ಸೆ).

ಪ್ರೇರೇಪಕ ಪ್ರತಿಘಾತ R_L ಎಂಬುದು

$$R_L = 2\pi\nu L$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಡುವುದೆಂದು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು,

(ನಮಗೆ ಆಗಲೇ ಪರಿಚಿತವಾಗಿರುವ) ಓಮ್ ಪ್ರತಿರೋಧವೂ ಮತ್ತು (ನಾವು

ಕೆಳಗೆ ಚರ್ಚಿಸಲಿರುವ) ಸಂಚಯನಾತ್ಮಕ ಪ್ರತಿಘಾತವೂ (capacitive reactance) ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದವುಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ (ಪ-ವಿ, a-c) ಮಂಡಲ ದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು

$$I = \frac{\mathscr{E}}{R_L}$$

ಆಗಿರುವುದು.

"ಸಣ್ಣದು" ಅಥವಾ "ದೊಡ್ಡದು" ಎಂದು ಹೇಳುವುದರ ಅರ್ಥವನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಸಾಧಾರಣವಾದ ಪೌರ ವಿದ್ಯುತ್ ಸರಬರಾಜಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು 0.1 H ಪ್ರೇರೇಪಕತ್ವ ಇವುಗಳಿಗಾಗುವ ಪ್ರೇರೇಪಕ ಪ್ರತಿಘಾತವನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯೋಣ. ಸುಮಾರು 30 ಓಮ್ ಗಳು ಲಭಿಸುವುದು.

ಒಂದು ಹೆನ್ರಿ ಪ್ರೇರೇಪಕತ್ವವುಳ್ಳ ಒಂದು ಸುರುಳಿಯು ಹೇಗಿರುವುದು ? ಸುರುಳಿಗಳ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿರೋಧಕ ಕುಂಡಲಿನಿಗಳ (choke) (ಕಬ್ಬಿಣದ ಗರ್ಭದಂಡ ವುಳ್ಳ ಸುರುಳಿ) ಪ್ರೇರೇಪಕತ್ವವನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ, ಅದರ ಸಾಧನೆ ಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸದೆ ಕೊಡಲಾಗಿರುವ ಈ ಮುಂದಿನ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗು ವುದು :

$$L = \mu_0 \mu \frac{n^2}{l} A \text{ ಮತ್ತು } \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{ಜೂಲ್}}{(\text{ಆಂಪೇರ್})^2\text{-ಮೀಟರ್}}$$

ಇದರಲ್ಲಿ n = ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ; l = ಸುರುಳಿಯ ಉದ್ದ; ಮತ್ತು A = ಅಡ್ಡ ಕೊಯ್ತದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ. ಈ ಪ್ರಕಾರ, ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕೆ; 0.002 H ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರೇರೇಪಕತ್ವವನ್ನು ಈ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕಗಳುಳ್ಳ ಸುರುಳಿಯಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು : $l = 15$ ಸೆಂ.ಮೀ; $n = 1500$ ಮತ್ತು $A = 1$ (ಸೆಂ.ಮೀ)^2. $\mu = 1000$ ಉಳ್ಳ ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಗರ್ಭತುಂಡನ್ನು ಈ ಸುರುಳಿಯೊಳಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಿದರೆ, ಅದರ ಪ್ರೇರೇಪಕತ್ವವು 2 ಹೆನ್ರಿಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

ಯಾವುದೇ ಮೂಲದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ಮತ್ತು

ಇದರಿಂದಾಗಿ ಸ್ವಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವೂ ಕೂಡ, ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಮಾಡುವುದು. ಈ ಕಾರ್ಯದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು $\mathscr{E}I$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿದ್ದರೆ $\mathscr{E}$ ಮತ್ತು I ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಕ್ಷಣಕ್ಷಣಕ್ಕೂ ಬದಲಾಗುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು t ಎಂಬ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ $\mathscr{E}_1$ ಮತ್ತು I_1 ಆಗಿಯೂ, $(t+\tau)$ ಎಂಬ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ, $\mathscr{E}_2$ ಮತ್ತು I_2 ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ. L ಪ್ರೇರೇಪಕತ್ವವುಳ್ಳ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಹಾದು ಹೋಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವು LIಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. t ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ, ಅದರ ಮೌಲ್ಯವು LI_1 ಆಗಿಯೂ, $(t+\tau)$ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ LI_2 ಆಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು I_1 ಇಂದ I_2ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಎಷ್ಟು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಬೇಕಾಗುವುದು ? ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವನ್ನು ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಉಂಟಾಗುವ ಕಾಲಾವಧಿಯಿಂದ ಭಾಗಿಸಿ ಬರುವ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು :

$$\mathscr{E} = \frac{L(I_2 - I_1)}{\tau}$$

ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಕಾಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಇವುಗಳಿಂದ ಗುಣಿಸಬೇಕು, ಅಂದರೆ $\mathscr{E}I\tau$ ಆಗುವುದು. ಹಾಗಾದರೆ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ? ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯ : $(I_1 + I_2)/2$. ಆದ್ದರಿಂದ ಸ್ವಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು

$$\frac{L}{2}(I_2 + I_1)(I_2 - I_1) = \frac{L}{2}I_2^2 - \frac{L}{2}I_1^2$$

ಗೆ ಸಮವಾಗುವುದು.

ಈ ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಪದಗಳಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು : ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲದಿಂದ ನೆರವೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಆ ಎರಡು ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿನ $LI^2/2$ ಎಂಬುದರ ಮೌಲ್ಯಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಇದರ ಅರ್ಥ : ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರೇರೇಪಕ ಪ್ರತಿಘಾತದಿಂದ ನಾಶವಾಗುವುದಿಲ್ಲ; ಓಮ್ ಪ್ರತಿರೋಧ

ವಿರುವ ಪರಿಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಆಗುವಂತೆ ಅದು ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅದು "ದಾಸ್ತಾನಿಗೆ" ವರ್ಗಾಯಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ $LI^2/2$ ಎಂಬ ಮೊತ್ತವನ್ನು **ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿ** ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು ಸರಿಯಾಗಿದೆ.

ಈಗ ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರನ್ನು ಸೇರಿಸುವುದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸೋಣ.

ಒಂದು ಏಕಮುಖೀಯ (ಏ-ಮು, d-c) ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಕೆಪಾಸಿಟರನ್ನು ಸೇರಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿರುವುದಿಲ್ಲ, ಕೆಪಾಸಿಟರನ್ನು ಸೇರಿಸುವುದೂ ಪರಿಪಥವನ್ನು ಒಡೆಯುವುದೂ ಒಂದೇ. ಆದರೆ ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ (ಪ-ವಿ, a-c) ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಕೆಪಾಸಿಟರು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯನ್ನು ಮುರಿಯುವುದಿಲ್ಲ.

ನಮ್ಮ ಲಕ್ಷ್ಯದಲ್ಲಿರುವುದು ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇ; ಅದು ಏನು ? ಇದರ ವಿವರಣೆಯು ಸರಳವಾದುದಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಪರಿಪಥವನ್ನು ಒಂದು ಪ-ವಿ (a-c) ಶಕ್ತಿ ಮೂಲಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಸಂಚಯನವಾಗಲು ಆರಂಭವಾಗುವುದು. ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಒಂದು ಫಲಕಕ್ಕೂ, ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಮತ್ತೊಂದು ಫಲಕಕ್ಕೂ ಹೋಗುವುವು. ಪ್ರೇರೇಪಕ ಪ್ರತಿಘಾತವೂ ಮತ್ತು ಓಮ್ ಪ್ರತಿರೋಧವೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ. ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಒಂದು ಪರಮಾವಧಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸೇರಿ, ಶಕ್ತಿಮೂಲದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುವವರೆಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ಕಾರ್ಯವು ಮುಂದುವರಿಯುವುದು. ಈ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಆಮೇಲೆ ಶಕ್ತಿಮೂಲದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಇಳಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಕೆಪಾಸಿಟರು "ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯ"ವಾಗುವುದು.

ಕೆಪಾಸಿಟರನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಉಪಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಎರಡು ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದನ್ನು

ಕಾಣುವೆವು. ಮೊದಲಿಗೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೊಡನೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಎಂದು (ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ತಾತ್ವಿಕವಾದ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದಲೂ) ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ಸಂಚಯನಾತ್ಮಕ ಪ್ರತಿಘಾತವು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು. ಈ ಫಲಿತಾಂಶವು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ, ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅಷ್ಟೂಮಟ್ಟಿಗೆ ಏಕಮುಖೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಸನ್ನಿಕಟವಾಗಿರುವುದು.

ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕಗಳನ್ನು, ಅಂದರೆ ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ ದೂರ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿದರೆ, ಸಂಚಯನಾತ್ಮಕ ಪ್ರತಿಘಾತವು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಸಂಚಯನ ಶಕ್ತಿಗೂ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುವುದು.

ಸಂಚಯನಾತ್ಮಕ ಪ್ರತಿಘಾತದ ಸೂತ್ರವು ಹೀಗಿರುವುದು :

$$R_C = \frac{1}{2\pi \nu C}$$

ಪೌರ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಸರಬರಾಜಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ 50 cps (cycles per second, ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಆವರ್ತಗಳು), 30 ಮೈಕ್ರೊಫ್ಯಾರಡ್‌ಗಳ ಸಂಚಯನ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರು 100 ಓಮ್‌ಗಳುಳ್ಳ ಸಂಚಯನಾತ್ಮಕ ಪ್ರತಿಘಾತವಾಗಿ ಏರ್ಪಡುವುದು.

ಓಮ್ ಪ್ರತಿರೋಧ ಮತ್ತು ಪ್ರೇರೇಪಕ ಮತ್ತು ಸಂಚಯನಾತ್ಮಕ ಪ್ರತಿಘಾತಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಸಂಕೀರ್ಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟಿನ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು (ಇದಕ್ಕೆ **ಸ್ವಪ್ರಚೋದನಾ ಪ್ರತಿರೋಧ** (impedance) ಎಂದು ಹೆಸರು) ಹೇಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನಾನು ವಿವರಿಸಲು ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ. ವಾಚಕನಿಗೆ ಇಷ್ಟು ಮಾತ್ರದ ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಡಲು ನಾನು ಬಯಸುತ್ತೇನೆ. ಸ್ವಪ್ರಚೋದನಾ ಪ್ರತಿರೋಧವು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ಪ್ರತಿರೋಧಗಳ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಘಾತಗಳ ಮೊತ್ತವಲ್ಲ.

ಓಮ್ ಪ್ರತಿರೋಧ, ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರ್ ಮತ್ತು ಒಂದು ಪ್ರೇರೇಪಕ ಸುರುಳಿ ಇವುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಪರಿಪಥದ ಒಂದು ಭಾಗದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಈ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನೂ ಒಂದು ಆಂದೋಲನ ಲೇಖಕ ಉಪಕರಣದ (ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲದ ನಳಿಕೆ) ಸಹಾಯದಿಂದ ಅಳತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಇವೆರಡನ್ನೂ ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಜ್ಯಾ ವಕ್ರರೇಖೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಈ ಎರಡು ಜ್ಯಾ ವಕ್ರರೇಖೆಗಳೂ φ ಎಂಬ ಒಂದು ಕಲ ಕೋನದಷ್ಟು ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಳಾಂತರ ಹೊಂದಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡು ನಾವು ಆಶ್ಚರ್ಯಪಡಕೂಡದು. (ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕೆ, ಕೆಪಾಸಿಟರ್ ಇರುವ ಒಂದು ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಪರಮಾವಧಿ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಂಡರೆ, ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗೆಯೇ ಇರಬೇಕು ಎಂದು ವಾಚಕನಿಗೆ ಕೂಡಲೇ ಮನದಟ್ಟಾಗುವುದು.)

ಕಲಾಂತರದ ಮೌಲ್ಯ φ ಎಂಬುದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಸಾಗಕೊಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಇವುಗಳ ಜ್ಯಾ ರೇಖೆಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ಪರಮಾವಧಿ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಆದರೆ ಸಂಚಯನಾತ್ಮಕ ಅಥವಾ ಪ್ರೇರೇಪಕ ಪ್ರತಿಘಾತವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಒಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ಅವುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಳಾಂತರ ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಶಕ್ತಿಯು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿ ಇರುವುದು. 90°ಗಳ ಕಲಾಂತರವುಳ್ಳ ಎರಡು ಜ್ಯಾವಕ್ರ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆದು, ಪ್ರತಿ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಅವುಗಳ ಕೋಟಿಗಳನ್ನು (ordinate) ಗುಣಿಸಿ, ಒಂದು ಆವರ್ತ ಕಾಲದಲ್ಲಿನ ಈ ಗುಣಲಬ್ಧಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಮೇಲಿನ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಒಂದು ಆವರ್ತ ಕಾಲದಲ್ಲಿನ ಸರಾಸರಿ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು

$$P = IV \cos \varphi$$

ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ನಿಖರವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. (ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಘಟಕ ಎನ್ನುವ cos φ ಅನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪಿಯ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಆಸಕ್ತಿಯ ವಿಷಯವಾಗಿರುವುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿವರ್ತಕಗಳು

ನೀವು ಇದೀಗ ಒಂದು ಪ್ರಶೀತಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಕೊಂಡುಕೊಂಡಿರುವಿರಿ. ಪ್ರಶೀತಕ ಯಂತ್ರವು 220 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಮುಖ್ಯ ಸರಬರಾಜಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಕೆಲಸಮಾಡುವಂತೆ ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಮಾರಾಟಗಾರನು ನಿಮಗೆ ಮುನ್ನೆಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಟ್ಟಿರುತ್ತಾನೆ. ಆದರೆ ನಿಮ್ಮ ಮನೆಯ ಮುಖ್ಯ ಸರಬರಾಜಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು 127 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು. ಇದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯೇ ? ಅಲ್ಲವೇ ಅಲ್ಲ. ನೀವು ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚು ಹಣ ವೆಚ್ಚಮಾಡಿ ಒಂದು ಯುಕ್ತವಾದ ಪರಿವರ್ತಕವನ್ನು ಕೊಂಡುಕೊಳ್ಳಬೇಕು, ಅಷ್ಟೆ.

ಪರಿವರ್ತಕ ಎಂಬುದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಒಂದು ಸರಳರೂಪದ ಸಲಕರಣೆ. ಅದು ಒಂದು ಹಾಳೆ ಹಾಳೆಯಾಗಿ ಜೋಡಿಸಿರುವ ಕಬ್ಬಿಣದ ಗರ್ಭತುಂಡು ಮತ್ತು ಅದರ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿರುವ ಎರಡು ಸುರುಳಿಗಳು ಇವುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಸುರುಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ಮುಖ್ಯ ಸರಬರಾಯಿಯ ಸೇರಿಸುವ ಕುಳಿ ಒಂದರೊಳಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಿ ಸೇರಿಸಿದಾಗ, ಎರಡನೆಯ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಮುಖ್ಯ ಸರಬರಾಯಿಯ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುವುದು. ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ w_1 ಸುತ್ತುಗಳೂ, ಎರಡನೆಯದರಲ್ಲಿ w_2 ಸುತ್ತುಗಳೂ ಇದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳ ಅನುಪಾತವು

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

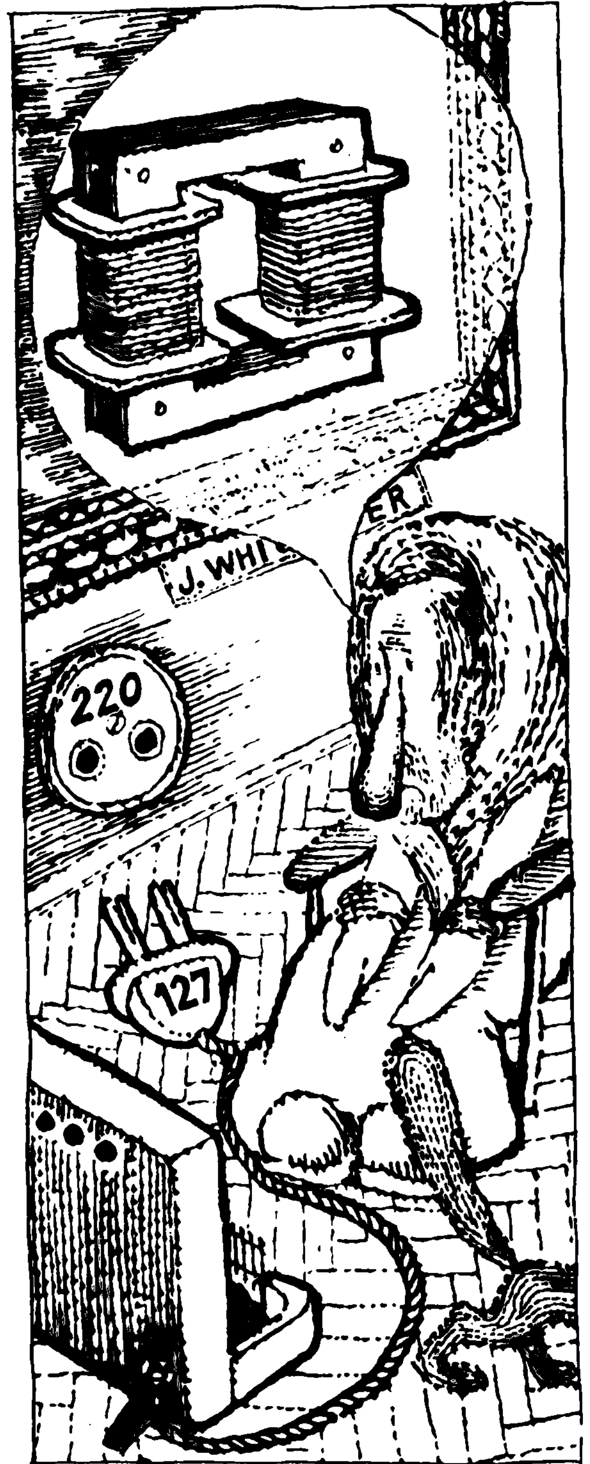
ಆಗಿರುವುದು.

ಅಂದರೆ, ಪ್ರಾಥಮಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸುತ್ತುಗಳುಳ್ಳ ಸುರುಳಿಗೆ ಸೇರಿಸಿದಾಗ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಿಸಲ್ಪಡುವುದು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ತಗ್ಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ಇದು ಏಕೆ ಹೀಗೆ ? ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವೂ ಕಬ್ಬಿಣದ ಗರ್ಭತುಂಡಿನೊಳಗೇ ಇರುವುದು. ಅಂದರೆ ಎರಡು ಸುರುಳಿಗಳೂ ಒಂದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬಲರೇಖೆಗಳ ಮೂಲಕ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ. ಪರಿವರ್ತಕವು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಕೆಲಸಮಾಡಬಲ್ಲುದು. ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ಜ್ಯಾವಕ್ರೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಎರಡನೆಯ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಜ್ಯಾವಕ್ರೀಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲ ಒಂದನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯ ಸುರುಳಿಗಳ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸುತ್ತೂ ಸರಿಸಮನಾದ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯ ಪ್ರತಿ ಸುತ್ತಿನ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ಮುಖ್ಯ ಸರಬರಾಯಿಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಭಾಗಿಸಿ ಬರುವ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೂ, ಅಂದರೆ V_1/w_1, ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯ ಸುರುಳಿಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು V_1/w_1 ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ w_2 ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೂ ಸಮವಾಗಿರುವುವು.

ತತ್ವಶಃ. ಪ್ರಾಥಮಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಸುರುಳಿಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಿವರ್ತಕವನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಅಥವಾ ಇಳಿಸುವ ಸಲಕರಣೆಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ದಿನವಹಿಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತಕಗಳೊಡನೆ ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತೇವೆ. (ಚಿತ್ರ 4.4) ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಲಕರಣೆಯು ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿದ್ದು ಮುಖ್ಯ ಪೌರ ಸರಬರಾಯಿ ಬೇರೊಂದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲೇಬೇಕಾಗುವ ಪರಿವರ್ತಕಗಳಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನದ (automobile) ಕಿಡಿ ಸುರುಳಿಯೊಡನೆಯೂ ವ್ಯವಹರಿಸಬೇಕಾಗಬಹುದು. ಕಿಡಿ ಸುರುಳಿಯು



ಚಿತ್ರ 4.4

ಒಂದು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಪರಿವರ್ತಕ. ಉರುಳೆಗಳಲ್ಲಿನ ಇಂಧನ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಹೊತ್ತಿಸುವ ಕಿಡಿಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು, ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವುದು. ಇದನ್ನು ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನ ಕೋಶದಿಂದ, ಆದರ ಏಕಮುಖೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಒಂದು ವಿಚ್ಛೇದಕವ (ಸಂಸ್ಪರ್ಶ ವಿಚ್ಛೇದಕ) ಸಹಾಯದಿಂದ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲ್ಪಡುವುದು ಮತ್ತು ಆಮೇಲೆ ಅದನ್ನು ಒಂದು ಕಿಡಿ ಸುರುಳಿಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ವರ್ಧಿಸಲಾಗುವುದು.

ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚುಪಡಿಸಿದಾಗ, ಪರಿವರ್ತಕವು ಕಾವೇರುವುದರಿಂದ ಆಗುವ ಶಕ್ತಿ ನಷ್ಟಗಳ ಪರಿಮಿತಿಯೊಳಗಿನ ನಿಖರತೆಯಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾಗಿಯೂ ಎಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ತಿಳಿದುಬರುವುದು.

ಬೆಸೆಯುವ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ತಗ್ಗಿಸುವ ಪರಿವರ್ತಕಗಳು ಬೇಕಾಗುವುವು. ಬೆಸುಗೆಯ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಬಹಳವೇ ಪ್ರಬಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಬೇಕಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಪರಿವರ್ತಕದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ನಿರ್ಗಮ ಸುತ್ತು ಇರುವುದು.

ಒಂದು ಪರಿವರ್ತಕವ ಗರ್ಭತುಂಡು ಉಕ್ಕಿನ ತೆಳು ಹಾಳೆಗಳಿಂದ ಮಾಡಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿಸಿರಬಹುದು. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ ನಷ್ಟಗಳನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಹೀಗೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಹಿಂದೆಯೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಪರಿಣಾಮವು ಗಟ್ಟಿ ಪದಾರ್ಥದ ಮೇಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹಾಳೆ ಹಾಳೆಯಾಗಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

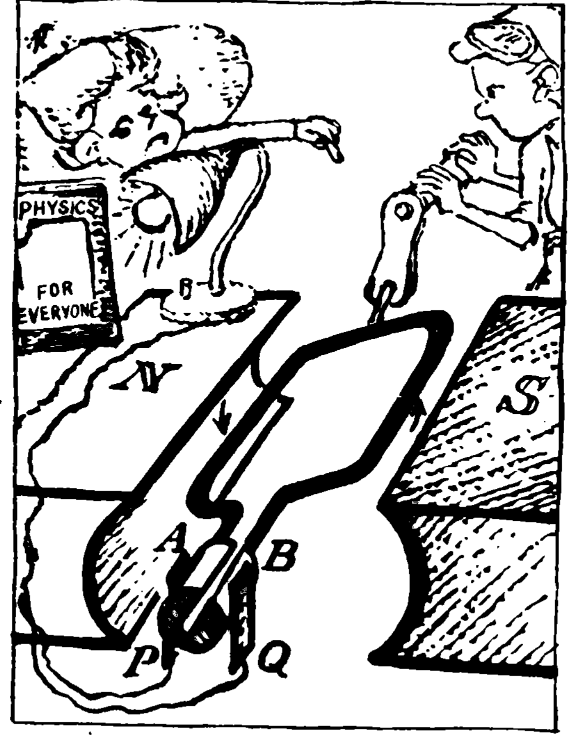
ಮನೆಯಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿವರ್ತಕಗಳೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವಿರಿ. ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತ ಪರಿವರ್ತಕಗಳು ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದ ರಚನೆಗಳು. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಗರ್ಭತುಂಡು ಮತ್ತು ಅದರ ಸುರುಳಿಗಳು ತಂಪಾಗಿಸುವ ಎಣ್ಣೆ ತುಂಬಿರುವ ತೊಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಮುಳುಗಿರುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವ ಯಂತ್ರಗಳು

ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಕೇವಲ ಸುಮಾರು ನೂರೈವತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಮೊದಲು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಯಿತು.

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಮೈಕೆಲ್ ಫ್ಯಾರಡೆ ರಚಿಸಿದನು. ಅದು ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತಗಳಿಂದುಂಟಾದ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವ ಒಂದು ಆಯಾಕಾರದ ತಂತಿಯ ಕುಣಿಕೆ ಮಾತ್ರ ಆಗಿದ್ದಿತು. ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿ ಯಾರೋ ಒಬ್ಬರಿಗೆ (ಫ್ಯಾರಡೆ ಅಲ್ಲ) ಒಂದೇ ಒಂದು ಕುಣಿಕೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಪೂರ್ತಿ ಸುರುಳಿಯನ್ನೇ ಬಳಸಿ, ಅದರಿಂದ ಎಲ್ಲಾ ಸುತ್ತುಗಳಲ್ಲೂ ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುವ ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಯೋಚನೆಯು ಹೊಳೆಯಿತು. ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತಗಳ, ಅಂದರೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಗರ್ಭ ತುಂಡಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತಿದ ಸುರುಳಿಗಳ ಬಳಕೆಯು 1851ರಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಆರಂಭವಾಯಿತು. ಈ ಸಲಕರಣೆ ರಚನೆಯೊಡನೆ "ಯಂತ್ರವನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸುವುದು" ಎಂಬ ಮಾತೂ ಹುಟ್ಟಿಕೊಂಡಿತು. ಏಕೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತವನ್ನು "ಉಜ್ಜೀವಿಸುವುದು" ಅವಶ್ಯಕವಾಯಿತು. ಮೊದಮೊದಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಾಹ್ಯ ಶಕ್ತಿಮೂಲದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಉತ್ತೇಜಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿದ್ದುವು.

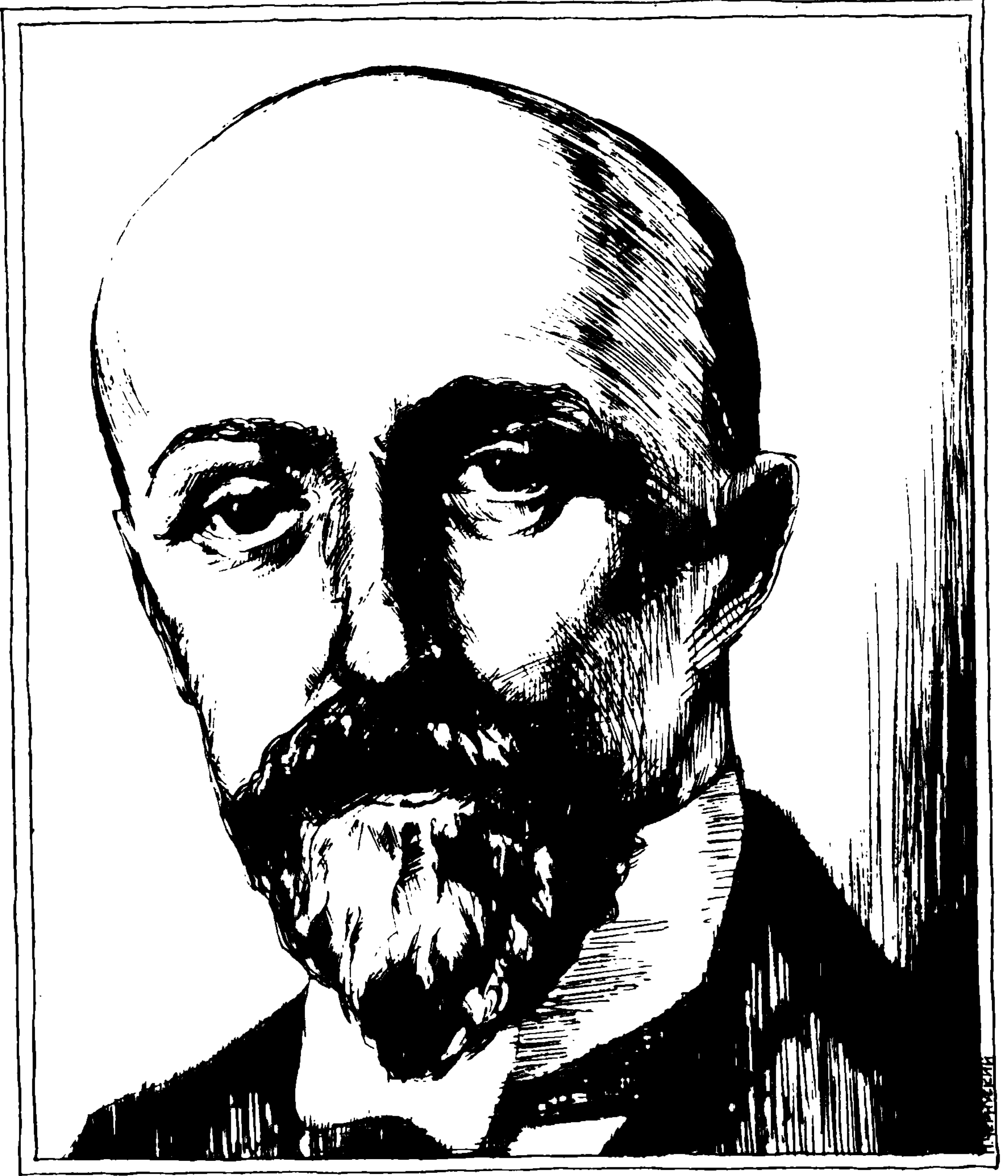
ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಮುಂದಿನ ಘಟ್ಟವು ಸ್ವತಃ ಉತ್ತೇಜನದ ತತ್ವವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುದು. ಇದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತವನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಸರಬರಾಯಿಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ತಳ್ಳಿ ಹಾಕಿತು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರದ ಉತ್ತೇಜನ ಅಥವಾ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಯಾವುದಾದರೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಸುರುಳಿಗೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ ಸಾಕು ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಎಂಟನೆಯ ದಶಕದಲ್ಲಾಗಲೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಗಳು ಈಗ ಅವು ಹೊಂದಿರುವ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಗಳಿಸಿದ್ದವು.



ಚಿತ್ರ 4.5

ಒಂದು ಏ-ವಿ (d-c) ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರದ ಅತಿ ಸರಳರೂಪದ ಮಾದರಿ ಒಂದನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.5ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಕುಣಿಕೆಯನ್ನು ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಿಸಿದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಜ್ಯಾವಕ್ರೀಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು 'ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುವುದು.

ಕುಣಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಒಂದು ಏಕಮುಖೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಸೀಳುಂಗುರದ ದಿಕ್ ಪರಿವರ್ತಕ (split-ring commutator) ಎಂದು ಹೇಳಲಾದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಲಕರಣೆಯೊಂದನ್ನು ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಈ ದಿಕ್ ಪರಿವರ್ತಕದಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಸ್ಪರ್ಶವಿಲ್ಲದ *A* ಮತ್ತು *B* ಎಂಬ ಎರಡು ಅರ್ಧ-ಉಂಗುರಗಳು ಒಂದು ಉರುಳೆಯ ಮೇಲೆ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. (ನೋಡಿ ಚಿತ್ರ 4.5) ಈ ಉರುಳೆಯು ಆಯಾಕಾರದ ಕುಣಿಕೆಯ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತದೆ. ಅರ್ಧ-ಉಂಗುರಗಳಿಗೆ *P* ಮತ್ತು *Q* ಎಂಬ ಸಂಸ್ಪರ್ಶಕಗಳನ್ನು (ಇದಕ್ಕೆ **ಬ್ರಷ್** (brush)



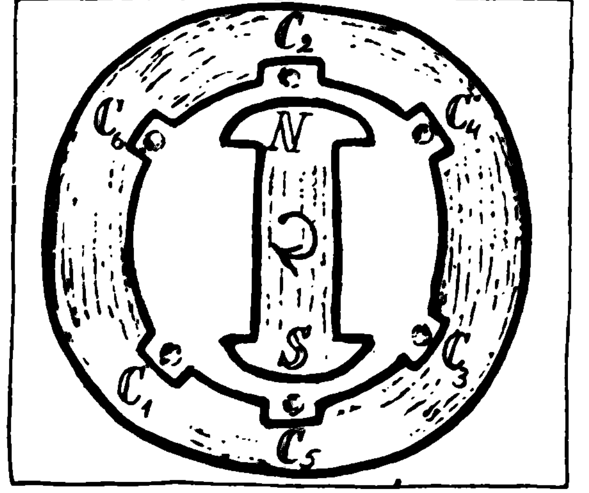
ಮಿಖೈಲ್ ಓಸಿಪೋವಿಚ್ ದೊಲಿವೊ-ದೊಬ್ರೊವೋಲ್‌ಸ್ಕಿ (1862–1919) — ಪ್ರಸಿದ್ಧ ರಷ್ಯನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪಿ; ಆಧುನಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪಕ್ಕೆಲ್ಲಾ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿರುವ ತ್ರಿಕಲಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ವ್ಯೂಹಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದನು. ಪರ್ಯಾಯ →

ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋರ್ಜ ಎಂದು ಹೆಸರು) ಕಟ್ಟಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹೊರಗಿನ ಪರಿಪಥಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಸುವುದು. ಕುಣಿಕೆಯು ಒಂದೊಂದು ಅರ್ಧ ಸುತ್ತು ತಿರುಗಿದಾಗಲೂ, ಅವರ ದಿಕ್‌ಪರಿವರ್ತಕದ ಅರ್ಧ-ಉಂಗುರಗಳು ಒಂದು ಬ್ರಷ್ ನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವುವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಕುಣಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ವಿಪರ್ಯಸ್ತವಾದರೂ. ಹೊರಗಿನ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏಕಮುಖಿ ಯಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ವಾಸ್ತವವಾದ ಒಂದು ಯಂತ್ರದ ಸುತ್ತುವ ಭಾಗದಲ್ಲಿ (ಆವರ್ತಕ) ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕೋನದಷ್ಟು ಪರಸ್ಪರ ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕುಣಿಕೆಗಳು ಅಥವಾ ಖಂಡಗಳು ಇರುವುದರಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ದಿಕ್ ಪರಿವರ್ತಕದಲ್ಲಿಯೂ ಇದಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾದ ಖಂಡಗಳು ಇರುವುದರಿಂದಲೂ. ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ದೊರಕುವುದು.

ಈಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಏ-ವಿ (d-c) ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳು ಒಂದು ಕಿಲೋ ವಾಟಿನಲ್ಲಿ ಹಲವು ಭಿನ್ನಾಂಶಗಳಷ್ಟರಿಂದ ಸಾವಿರಾರು ಕಿಲೋವಾಟುಗಳಷ್ಟರವರೆಗಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ನಿಗದಿ ಉಳ್ಳವುಗಳಾಗಿ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿವೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕೈಗಾರಿಕೆ ಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣಕ್ಕಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಸಂಯುಕ್ತವಲ್ಲದ ಲೋಹ ವಿದ್ಯೆಯಲ್ಲಿಯೂ (ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಮತ್ತು ಜಿಂಕ್ ಇವುಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆ) ವಿದ್ಯುತ್ ಸರಬರಾಯಿಗಾಗಿ ಶಕ್ತಿಯುತ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸ ಲಾಗುವುದು. ಅವುಗಳು ದೊಡ್ಡ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ಸಾಕಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ (120 ರಿಂದ 200 ವೋ. ಮತ್ತು 1000 ದಿಂದ 20000 ಆಂ.) ಇವುಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದುವಂತೆ ರಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಏ-ವಿ (d-c) ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರ ಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಬೆಸುಗೆಗೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

ಆದರೆ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವ ಮುಖ್ಯವಾದ ಯಂತ್ರಗಳು

→ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳುಳ್ಳ ತ್ರಿಕಲಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥಗಳ ಎಲ್ಲಾ ಅಂಶಗಳನ್ನೂ ಲೆಕ್ಕಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. 1888ರಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವುಳ್ಳ ಮೊದಲ ತ್ರಿಕಲಾತ್ಮಕ ಪ-ವಿ (a-c) ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು ರಚಿಸಿದನು.



ಚಿತ್ರ 4.6

ಡಿ-ಸಿ (d-c) ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲ. ಸೋವಿಯೆತ್ ರಷ್ಯದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅದರ ಹಂಚಿಕೆಗೂ 50 Hz (ಅಥವಾ cps) ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಪರ್ಯಾಯ ಉತ್ಪಾದಕ (alternator) ಎಂಬ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರದ ರಚನೆಯು ಹೇಗಿರುವುದೆಂದರೆ ಅದು $2\pi/3$ ಕೋನದಷ್ಟು ಕಲಾಂತರವುಳ್ಳವೂ ಒಂದೇ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳವೂ ಆದ ಮೂರು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉಂಟು ಮಾಡುವುದು.

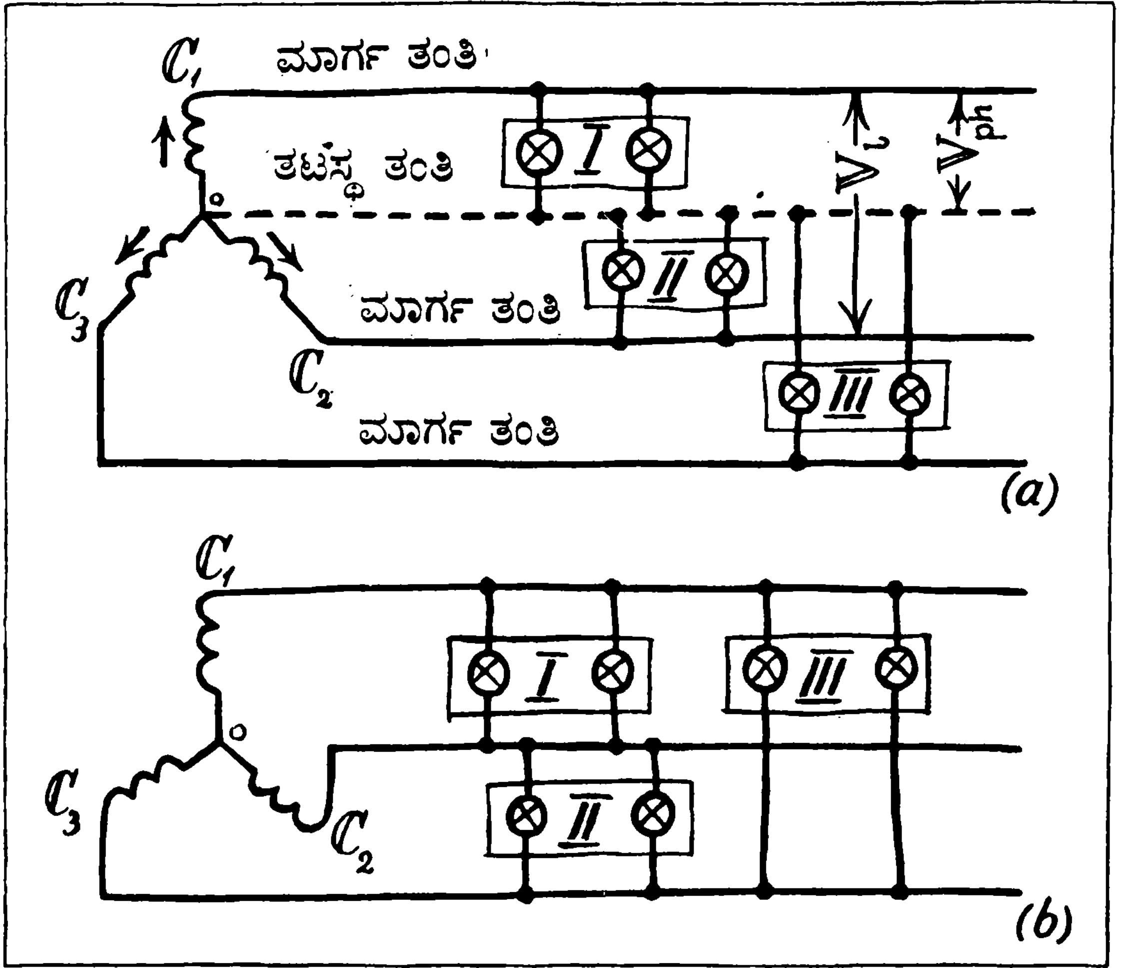
ಇಂತಹ ತ್ರಿಕಲಾತ್ಮಕ ಉತ್ಪಾದಕ (three-phase generator) ಒಂದನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.6ರಲ್ಲಿ ಸ್ಥೂಲರೂಪದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸುರುಳಿಯನ್ನೂ ಒಂದೇ ಸುತ್ತಿನಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದೆ. ಒಂದು ಸುತ್ತಿನ ತಂತಿಯನ್ನು C_1-C_4 ಎಂದೂ; ಎರಡನೆಯದನ್ನು C_2-C_5 ಎಂದೂ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯದನ್ನು C_3-C_6 ಎಂದೂ ತೋರಿಸಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು C_1 ಒಳಗೆ ಪ್ರವೇಶಿಸಿದರೆ ಅದು C_4 ನಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬರುತ್ತದೆ, ಹೀಗೆಯೇ. (ಆವರ್ತಕ ಮತ್ತು ಸ್ಥಿರದಂಡ ಇವುಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವ ಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ, ಈ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ತಂತಿಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರವೇಶ ಸ್ಥಾನ ಅಥವಾ

ನಿರ್ಗಮ ಸ್ಥಾನವಾಗಿ ಇರಬಹುದು.) ಸ್ಥಿರದಂಡದ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಸುತ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವು ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯಾಗುವುದು ಏಕೆಂದರೆ ಅವುಗಳು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ. ಅದಾಗಿ ಆವರ್ತಕದ. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡವಾಗಿ ಹಾಯುತ್ತವೆ. ಆವರ್ತಕವು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವೇಗದಿಂದ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವಾಗ, ಪುನರಾವರ್ತಿಯಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಒಂದು ಸ್ಥಿರದಂಡದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಲದ ಸುತ್ತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ಮೂರು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳೂ ಒಂದೇ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪರಸ್ಪರವಾಗಿ 120° ಕೋನದಷ್ಟು ಕಲದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದಿರುವುವು.

ಸುರುಳಿಯ ಮೂರು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿರುವ ರೀತಿಯು **ತಾರಾ ರೀತಿ** (star connected) ಅಥವಾ **ಡೆಲ್ಟ ರೀತಿಯಾಗಿ** (delta connected) ಇರಬಹುದು. ಈ ಪರಿಪಥಗಳನ್ನು ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಮಿಖೈಲ್ ಓಸಿಪೋವಿಚ್ ದೊಲಿವೊ–ದೊಬ್ರೊವೋಲ್‌ಸ್ಕಿ (1862–1919) ಎಂಬಾತನು ಲೆಕ್ಕಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಕಾರ್ಯಗತ ಮಾಡಿದನು. ತಾರಾ ರೀತಿಯ ಸೇರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರದ ಸ್ಥಿರದಂಡದ C_4, C_5 ಮತ್ತು C_6 ಎಂಬ ಮೂರು ಸುರುಳಿಗಳ ಕೊನೆಗಳನ್ನೂ ಒಂದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಸೇರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಬಿಂದುವಿಗೆ ತಟಸ್ಥ ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದು ಎಂದು ಹೆಸರು. ನಾಲ್ಕು ವಾಹಕ ತಂತಿಗಳು ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಶಕ್ತಿಯ ಬಳಕೆದಾರನಿಗೆ ಸೇರಿಸುತ್ತವೆ : C_1, C_2 ಮತ್ತು C_3 ಸುರುಳಿಗಳ ಆರಂಭದಿಂದ ಹೊರಡುವ ಮೂರು ಮಾರ್ಗ ತಂತಿಗಳು ಮತ್ತು ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರದ ತಟಸ್ಥ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಡುವ ತಟಸ್ಥ ತಂತಿ, ಇವನ್ನು **ನಾಲ್ಕು–ತಂತಿಗಳ ವ್ಯೂಹ** ಎಂದು ಹೇಳುವರು.

ತಟಸ್ಥ ಬಿಂದು ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಲದ ಪ್ರಾರಂಭದ ನಡುವಣ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಕ್ಕೆ **ಕಲ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಸುರುಳಿಗಳ ಪ್ರಾರಂಭಗಳ ನಡುವಣ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಕ್ಕೆ **ಮಾರ್ಗ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ** ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳು

$V_1 = \sqrt{3}\ V_{ph}$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದ ಮೂಲಕ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿವೆ.



ಚಿತ್ರ 4.7

ಮೂರು ಕಲಗಳಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೊತ್ತಗಳು (*I, II* ಮತ್ತು *III*) ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ತಟಸ್ಥ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ತಟಸ್ಥ ತಂತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕಿ, **ಮೂರು-ತಂತಿಗಳ ವ್ಯೂಹವನ್ನು** ಬಳಸಬಹುದು. ಚಿತ್ರ 4.7ರಲ್ಲಿ ತಾರಾ ರೀತಿಯ ಸೇರಿಕೆಗಳ ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಿದೆ.

ಡೆಲ್ಟಾ ಸೇರಿಕೆಯಿಂದಲೂ ಮೂರು-ತಂತಿಯ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ರಚಿಸಬಹುದು.

ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸುರುಳಿಯ ಕೊನೆಯನ್ನು ಅದರ ಮುಂದಿನ ಸುರುಳಿಯ ಆರಂಭಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿ, ಸುರುಳಿಗಳು ಪೂರ್ತಿಯಾದ ಒಂದು ತ್ರಿಕೋನವಾಗುವಂತೆ ಏರ್ಪಡಿಸಿದೆ. ಮಾರ್ಗ ತಂತಿಗಳನ್ನು ಈ ತ್ರಿಕೋನದ ಶೃಂಗಗಳಿಗೆ ಸೇರಿಸಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಗ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಕಲ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು

$$I_1 = \sqrt{3}\, I_{ph}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದ ಮೂಲಕ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ.

ತ್ರಿಕಲಾತ್ಮಕ ಪರಿಪಥಗಳು ಈ ಮುಂದಿನ ಸೌಕರ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ : ಒಂದೇ ಕಲದ ಪರಿಪಥಗಳಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮಿತವ್ಯಯಕಾರಿಯಾದ ಶಕ್ತಿ ಸಾಗಾಣಿಕೆ ಮತ್ತು ಎರಡು – ಕಲ ಮತ್ತು ಮಾರ್ಗ – ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಯಂತ್ರಾಗಾರದಿಂದ ದೊರಕಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಸಾಧ್ಯತೆ.

ಮೇಲೆ ವರ್ಣಿಸಲಾಗಿರುವ ಪ-ವಿ (a-c) ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರವು ಅಥವಾ ಪರ್ಯಾಯ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರವು ಏಕಕಾಲಿಕ ಯಂತ್ರಗಳ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿದುದು. ಈ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಆವರ್ತಕದ ಭ್ರಮಣ ವೇಗವೂ ಸ್ಥಿರದಂಡವು ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಭ್ರಮಣ ವೇಗವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು.

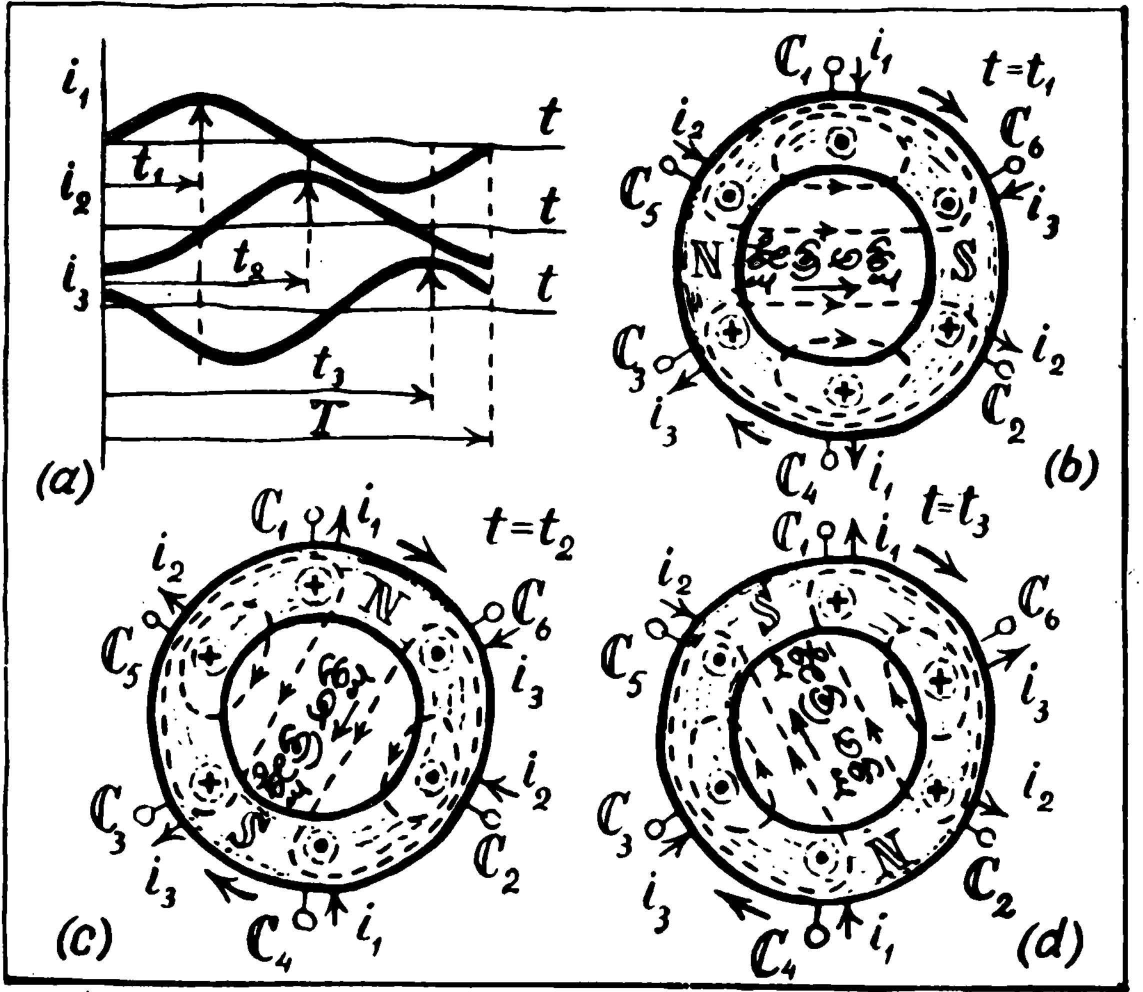
ಏಕಕಾಲಿಕ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಮುಖ್ಯ ಸಾಧನಗಳು. ಆವರ್ತಕದ ಚಲನೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಅವುಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರಚನೆಯ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ವಾಚಕನು ಕೇಳಬಹುದು : ಹಲವು ಯಂತ್ರಗಳು ಏಕಕಾಲಿಕವೆಂದು ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಏಕಕಾಲಿಕವಲ್ಲದ ಯಂತ್ರಗಳೂ ಇವೆ ಏನು ? ಹೌದು, ಇವೆ ! ಆದರೆ ಅವು ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳಾಗಿ (motors) ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವುವು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಮುಂದಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಲಿದ್ದೇವೆ. ಒಂದು ಪ-ವಿ ತ್ರಿಕಲಾತ್ಮಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಏಕೆ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನೂ ಅಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತೇನೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳು

ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಅರ್ಧಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕೈಗಾರಿಕೆ, ವ್ಯವಸಾಯ, ಪರಿವಹನ ಮತ್ತು ಮನೆ ಇವುಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳ ಪೂರೈಕೆಗಾಗಿ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲಾಗುವುದು. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವುದು ರಷ್ಯದ ಪ್ರತಿಭಾವಂತ ಎಂಜಿನಿಯರ್. ದೊಲಿವೊ-ದೊಬ್ರೊವೋಲ್‌ಸ್ಕಿಯು 1889ರಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಸರಳವೂ, ಖಾತರಿಯಾದುದೂ, ಅಗ್ಗವಾದುದೂ, ಸುಲಭವಾಗಿ ದುರಸ್ತಾಗಿಟ್ಟಿರಬಹುದಾದುದೂ ಆದ ಏಕಕಾಲಿಕವಲ್ಲದ ಅಥವಾ ಪ್ರೇರೇಪಣ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರ (induction motor). ಅದರ ಮುಖ್ಯವಾದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳನ್ನು ಇಂದಿನವರೆಗೂ ಆಚರಣೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿರಲಾಗಿದೆ. ಈ ಜಾತಿಯ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ವಿಧವಿಧವಾದ ಯಂತ್ರ ಸಾಧನಗಳನ್ನೂ ಪಂಪ್ ಮತ್ತು ಸಂಕೋಚಕ ಯಂತ್ರ ವ್ಯೂಹಗಳನ್ನೂ, ಸಾಮಾನುಗಳನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ ಸಜ್ಜುಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಇತರ ಯಂತ್ರ ಸಂಯೋಜನೆಗಳನ್ನೂ ನಡೆಸುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

ಪ್ರೇರೇಪಣೆ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರದ ಮಾತೃಕೆಯು ಫ್ರೆಂಚ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಡಾಮಿನಿಕ್ ಫ್ರಾನ್‌ಸ್ವಾ ಜೀನ್ ಅರ್ಯಾಗೊ (1786_1853) ತಯಾರಿಸಿದ ಮಾದರಿ. 1824ರಲ್ಲಿ ಪ್ಯಾರಿಸ್ ವಿಜ್ಞಾನ ಪರಿಷತ್ತಿನ ಮುಂದೆ "ಭ್ರಮಣದ ಕಾಂತತೆ" ಎಂದು ತಾನು ಹೆಸರಿಸಿದ ಒಂದು ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದನು. ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ತಾಮ್ರದ ಬಿಲ್ಲೆಯ ಮೇಲೆ ತೂಗುಹಾಕಿರುವ ಒಂದು ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು ಬಿಲ್ಲೆಯೊಡನೆ ಸುತ್ತುತ್ತದೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿದನು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾದ ವಿಷಯವೂ ಸರಿಯಾದುದು : ಒಂದು ಗೂಟದ ಮೇಲೆ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಿರುವ ಬಿಲ್ಲೆಯು ಒಂದು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ತಾನೂ ಸುತ್ತುವುದು. ದೊಲಿವೊ-ದೊಬ್ರೊವೋಲ್‌ಸ್ಕಿಯು ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ತ್ರಿಕಲಾತ್ಮಕ ವ್ಯೂಹದ ವೈಲಕ್ಷಣಗಳೊಡನೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ತಂದನು. ಇದರಿಂದ ಅಧಿಕ ಸಲಕರಣೆಗಳ



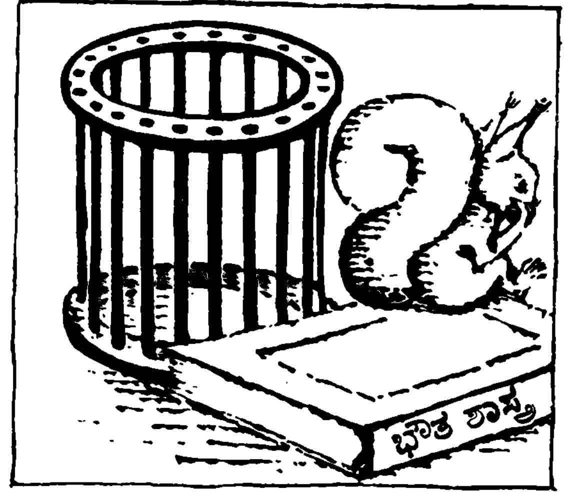
ಚಿತ್ರ 4.8

ಉಪಯೋಗವಿಲ್ಲದೆಯೇ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯ ವಾಯಿತು.

ಚಿತ್ರ 4.8ರಲ್ಲಿನ ಮುಖ್ಯಾಂಶ ಸೂಚಕ ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸೋಣ. ಅತ್ಯಂತ ಸರಳತೆಯ ಸಲುವಾಗಿ ಮೂರೇ ಮೂರು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ (ವಾಸ್ತವ ವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸುತ್ತುಗಳುಳ್ಳ ಸುರುಳಿಗಳು ಇರುತ್ತವೆ). ಕ್ರಾಸ್ (ಶಿಲುಬೆಯಾಕೃತಿ) ಮತ್ತು ಕಪ್ಪು ಚುಕ್ಕೆ ಇವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿಯೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು

ನಮ್ಮ ಕಡೆಯಿಂದ ಬಿಟ್ಟು ಸಾಗುತ್ತಿದೆಯೋ ಅಥವಾ ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಹರಿಯುತ್ತಿದೆಯೋ ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಮೂರು ಸುತ್ತುಗಳೂ ಪರಸ್ಪರ ಒಂದರಿಂದೊಂದು 120° ಕೋನದಲ್ಲಿವೆ. ಸುತ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ i_1, i_2 ಮತ್ತು i_3 ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಕಲಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.8*a* ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಮೂರು "ಸುರುಳಿ"ಗಳಿಂದ ಏರ್ಪಟ್ಟ ಸಂಘಟಿತ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿ ಇರುವುದು. ಚಿತ್ರ 4.8*b* t_1 ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಸಂಘಟಿತ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲರೇಖೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ (ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು C_2, C_3 ಮತ್ತು C_4 ಇವುಗಳೊಳಕ್ಕೆ ಹರಿಯುವುದು). ಚಿತ್ರ 4.8*c* ಮತ್ತು *d*ಯಲ್ಲಿ ಇದೇ ತರಹದ-ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನು t_2 ಮತ್ತು t_3 ಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರಿಂದ, ಕಾಣಬರುವುದೇನೆಂದರೆ ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಸುತ್ತುತ್ತದೆ ಎಂದು ಆ ಪದದ ಪೂರ್ತಿಯಾದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಹೇಳಬಹುದು! (ಕ್ರಾಸ್‌ಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿ). ವ್ಯೂಹದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿನ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಕ್ಷವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪರಮಾವಧಿ ಮಟ್ಟವಿರುವ ಸುತ್ತಿನ (ಕಲ) ಅಕ್ಷವನ್ನನುಸರಿಸಿರುವುದು.

ನಾವು ಈಗ ತಾನೆ ವಿಮರ್ಶಿಸಿದ ನಕ್ಷೆಗಳು ಒಂದು ತ್ರಿಕಲಾತ್ಮಕ ಪ್ರೇರೇಪಣ (ಏಕಕಾಲಿಕವಲ್ಲದ) ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರದ ಸ್ಥಿರದಂಡದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತ್ರಿಕಲಾತ್ಮಕ ಪ-ವಿ (a-c) ಸುರುಳಿಯು ಹೇಗೆ ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂಬುದರ ಒಂದು ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತವೆ. ಆವರ್ತಕವು (ಚಿತ್ರ 4.9) ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಚಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಪಥಸಂಕೋಚ ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಸುರುಳಿಯ ಆರಂಭವನ್ನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕೊನೆಯನ್ನಾಗಲಿ ನಾವು ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಆವರ್ತಕವು, ಇದಕ್ಕೆ ಆರ್ಮೇಚರ್ (armature) ಎಂದು ಹೆಸರು, ಒಂದು ಅಳಿಲು ಪಂಜರವನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಅದು ಎರಡು ತಾಮ್ರದ ಬಳೆಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ತಾಮ್ರದ ಕಂಬಿಗಳಿಂದ ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಅದನ್ನು ಒಂದು ಏ-ವಿ (d-c) ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿ. ಅದಕ್ಕಿಂತ ಇದು ಎಷ್ಟು ಸರಳ ರೂಪದ್ದಾಗಿದೆ! ಒಂದು ತ್ರಿಕಲಾತ್ಮಕ ಪ-ವಿ (a-c) ವಿದ್ಯುತ್ ಸರಬರಾಯಿಯನ್ನು ಸ್ಥಿರದಂಡಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ ಸಾಕು. ಇದರಿಂದ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಒಂದು



ಚಿತ್ರ 4.9

ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಉಂಟಾಗುವುದು. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಆವರ್ತಕದ ಕಂಬಿಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಕೂಡಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಕಂಬಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವುದಲ್ಲದೆ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ ಅವುಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ಹೆಸರನ್ನೂ ನೀಡುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ಕಂಬಿಗಳ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಆವರ್ತಕವು ಕ್ಷೇತ್ರದ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮೀಪವಾದ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಈ ವೇಗವನ್ನು ತಲಪುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗಿರುವುದೇ ಸರಿ, ಏಕೆಂದರೆ ಹೀಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಆವರ್ತಕದ ಕಂಬಿಗಳು ಸ್ಥಿರದಂಡದ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಛೇದಿಸುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಆವರ್ತಕವು ನಿಲ್ಲುವುದು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಇಂತಹ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಏಕಕಾಲಿಕವಲ್ಲದವು ಎಂದು ಹೇಳುವುದು. ಆವರ್ತಕದ ಗತಿವಿಲಂಬಕ್ಕೆ ಜಾರಿಕೆ ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಪ್ರೇರೇಪಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳು ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ದೊರಕುವುವು: ಒಂದು ವಾಟ್‌ನ ಹಲವು ಭಿನ್ನಾಂಶಗಳಿಂದ ನೂರಾರು ಕಿಲೋವಾಟ್‌ಗಳವರೆಗೂ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಪ್ರೇರೇಪಣ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳಿವೆ : 6000 ಕಿ.ವಾ.ವರೆಗೂ, 6000 ವೋ. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವುವು.

ಏಕಕಾಲಿಕವಲ್ಲದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಸ್ವಯಂ ನಿಯಂತ್ರಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಳಹೊಕ್ಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು ಆವರ್ತದಂಡದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಚೋದಕ ಯಂತ್ರ ಸಂಯೋಜನೆ ಅಥವಾ ಶಕ್ತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಭ್ರಮಣವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಜ್ಞೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ವೇಗ ಉತ್ಪಾದಕಗಳಾಗಿಯೂ (tachogenerators) ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ನಾವು ಹಿಂದೆ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ ಏಕಕಾಲಿಕ ಯಂತ್ರಗಳೂ ಮತ್ತು ಏ-ವಿ (d-c ಯಂತ್ರಗಳೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳಾಗಬಹುದು. ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರವು ಉತ್ಪಾದಕದಂತೆಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರದಂತೆಯಾಗಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡಬಲ್ಲುದು ಎಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಗಳ ಪರಿವರ್ತಕತ್ವದ ಸ್ವತಃ ಸಿದ್ಧವಾದ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಇದು ವಿಶದವಾಗುವುದು.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ದ್ನೀಪರ್ ನದಿಯ ಮೇಲಿರುವ ಕೀವ್ ಜಲಚಾಲಿತ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಪಂಪುಗಳಂತೆಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಟರ್ಬೈನುಗಳಂತೆಯಾಗಲಿ ಕೆಲಸಮಾಡಬಲ್ಲ ಪರಿವರ್ತಕ ಭಾಗಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಜಲಚಾಲಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹಿ ನೆಲೆಯನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವುದು. ಶಕ್ತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಿಕೆ ಇದ್ದಾಗ, ಭಾಗಗಳು ಸಂಗ್ರಹಣ ಬೋಗುಣಿಯೊಳಕ್ಕೆ ನೀರನ್ನು ಪಂಪ್ ಮಾಡುವುವು. ಈ ಸಮಯದಲ್ಲಿ, ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಸೇರಿಸಿರುವ ಏಕಕಾಲಿಕ ಯಂತ್ರಗಳು ನಡೆಸುವ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳಂತೆ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವುವು. ಬಳಕೆದಾರರ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಳಕೆಯು ಪರಮಾವಧಿಯ ಮಟ್ಟವಿದ್ದಾಗ ಈ ಭಾಗಗಳು ಶೇಖರವಾದ ನೀರಿನಿಂದ ಟರ್ಬೈನುಗಳಂತೆಯೂ ಮತ್ತು ಉತ್ಪಾದಕಗಳಂತೆಯೂ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

ಏಕಕಾಲಿಕ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳು ಲೋಹ ವಿದ್ಯೆಯ ಯಂತ್ರ ಸಮೂಹಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಗಣಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಶೀತಕ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪಂಪುಗಳು, ಸಂಕೋಚಕಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ಬೀಸಣಿಗೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವೇಗದೊಡನೆ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಇತರ ಯಂತ್ರ ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ಏಕಕಾಲಿಕ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಸ್ವಯಂ ನಿಯಂತ್ರಕ ವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳು ಒಂದು ವಾಟ್‌ನಲ್ಲಿನ ಹಲವು ಭಿನ್ನಾಂಶಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ನೂರಾರು ವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟರವರೆಗಿನ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುವು. ಈ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳ ವೇಗಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ಸರಬರಾಯಿಯ ಶಕ್ತಿಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೊಡನೆ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದರಿಂದ, ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ವೇಗವುಳ್ಳ ಭ್ರಮಣದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಉಪಯೋಗವು ಅತ್ಯಂತ ಯುಕ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಇಂತಹ ಉಪಯೋಗಗಳು ಯಾವುದೆಂದರೆ : ವಿದ್ಯುತ್ ಗಡಿಯಾರದ ಯಂತ್ರ ರಚನೆಗಳು, ಅಭಿಲೇಖನ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಟೇಪ್‌ಗಳನ್ನು ಚಲಿಸುವ ಸಲಕರಣೆಗಳು, ಚಲನಚಿತ್ರ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಕಗಳ ಮತ್ತು ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಿಗಳ ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಪಟಲವನ್ನು ಮುಂದೆ ತಳ್ಳುವ ಸಲಕರಣೆಗಳು, ರೇಡಿಯೋ ಸಲಕರಣೆ, ಕಾರ್ಯಕ್ರಮ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು, ಇವಲ್ಲದೆ ಸರಬರಾಯಿ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ ಸಲಕರಣೆಯ ಭ್ರಮಣ ವೇಗವು ನಿಯಂತ್ರಿತವಾಗುವ ಏಕಕಾಲಿಕ ಸುದ್ದಿ ಸಾಗಾಣಿಕೆ ವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಇವುಗಳ ಬಳಕೆಯಾಗುವುದು.

ಅದರ ರಚನೆಯ ಮೂಲ ತತ್ವಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏ-ವಿ (d-c) ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಕ್ಕೂ ಒಂದು ಏ-ವಿ (d-c) ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಕ್ಕೂ ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿರುವುದು ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರುಳಿಗೆ (ಸಮಾಂತರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೋ ಅಥವಾ ಶ್ರೇಣಿಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೋ) ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಉತ್ತೇಜನ (ಕ್ಷೇತ್ರ) ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ನಿಶ್ಚಲ ವಿದ್ಯುದ್ಧ್ರುವಗಳ ಒಂದು ಸಮೂಹ. ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಸರಬರಾಯಿಯಿಂದ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಉತ್ತೇಜಿಸಲೂ ಬಹುದು. ಆರ್ಮೇಚರ್‌ನಲ್ಲಿ ಅದರ ಸೀಳು ಕಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಸರಿಯಾಗಿ ಹೊಂದಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಒಂದು ಏಕಮುಖಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮೂಲಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಸುರುಳಿ ಇದೆ. ಏ-ವಿ (d-c) ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳಂತೆಯೋ, ಏ-ವಿ (d-c) ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳೂ ಕೂಡ ಒಂದು ದಿಕ್‌ಪರಿವರ್ತಕವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವು. ಇದರ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು "ನೆಟ್ಟಗೆ ಮಾಡುವುದು",

ಅಂದರೆ, ಯಂತ್ರವು, ಅದು ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರವಾಗಿದ್ದರೆ, ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಾಗಿ ಸುತ್ತುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡುವುದು.

(ಕ್ಷೇತ್ರ ಸುರುಳಿಯು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿದ್ದು) ಶ್ರೇಣಿಸುತ್ತಿನ ಏ-ವಿ (d-c) ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಎಳೆಯುವುದರಲ್ಲಿ, ಕ್ರೇನ್ ಮತ್ತು ಇತರ ಎತ್ತು ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುವುವು. ಇಂತಹ ಯಂತ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾರಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಾಗ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರದ ವೇಗವು ತೀವ್ರವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಬೇಕು ಮತ್ತು ಅದರ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿಯು ಗಮನೀಯವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಾಗ ಬೇಕು. ಈ ಲಕ್ಷಣಗಳೇ, ಶ್ರೇಣಿಸುತ್ತಿರುವ ಏ-ವಿ (d-c) ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವಾಗಿರುವುವು.

ರಷ್ಯದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಎಳೆಯುವ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಫಿಯೊದೋರ್ ಆಪೊಲೊನೊವಿಚ್ ಪಿರೋತ್‌ಸ್ಕಿ (1845–1898) ಎಂಬಾತ ನಿಂದ ನಡೆಸಲ್ಪಟ್ಟವು. ಈತನು 1876ರಷ್ಟರ ಹಿಂದೆಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಗಾಣಿಕೆಗೆ ರೈಲು ಹಾದಿಯ ಕಂಬಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದನು. 1880ರಲ್ಲಿ ಸೆಂಟ್ ಪೀಟರ್ಸ್‌ಬರ್ಗಿನಲ್ಲಿ ರೋಷ್‌ದೆಸ್ತ್ವೆನ್‌ಸ್ಕಿ ಪಾರ್ಕ್ ಹತ್ತಿರದ ಕುದುರೆ ಗಾಡಿ ರೈಲುದಾರಿಯ ಒಂದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭಾಟಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಟ್ರಾಂಬಂಡಿಯನ್ನು ಓಡಿಸಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದನು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಟ್ರಾಂಬಂಡಿ ಗಳ ವಾಹನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಆತನು ಎರಡು–ಅಟ್ಟದ ಕುದುರೆಗಾಡಿಗಳನ್ನು ಉಪ ಯೋಗಿಸಿದನು. ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಗಾಡಿಯ ಕಟ್ಟಡದ ಕೆಳಗೆ ನೆಲೆ ಗೊಳಿಸಿದನು.

ರಷ್ಯದ ಮೊದಲನೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಟ್ರಾಲಿ ವಾಹನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು 1892ರಲ್ಲಿ ಕೀವ್‌ನಲ್ಲಿ ಸಾರ್ವಜನಿಕರಿಗಾಗಿ ತೆರೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ತಲೆಯ ಮೇಲಿನ ಸಂಸರ್ಗ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಒದಗಿಸ ಲಾಯಿತು. ಕೀವ್‌ನಲ್ಲಿಯ ಕಡಿದಾದ ಬೆಟ್ಟ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಕುದುರೆ ಗಳ ಎಳೆತಕ್ಕಿಂತ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಎಳೆತವು ತಾಂತ್ರಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಯೋಜನ ಕಾರಿಯಾದುದೆಂದು ಪರಿಕಲನಗಳಿಂದ ಮನ ಒಪ್ಪಿಗೆಯಾದ ನಂತರವೇ ಪೌರ ರಚನಾ

ಮಂಡಲಿಯು ಈ ವಾಹನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಒಪ್ಪಿಗೆ ಇತ್ತಿತು. ಈ ಮಾರ್ಗಗಳು ಕುದುರೆಗಳ ಎಳೆತಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಆವಿಯ ಎಳೆತಕ್ಕೂ ಮೀರಿ ದ್ದಾಗಿದ್ದವು.

"ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ನೌಕಾಯಾನ"ದಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು 1838ರಲ್ಲಿ ಬೋರಿಸ್ ಸೆಮ್ಯೊನೊವಿಚ್ ಯಕೋಬಿ (1801–1874) ಎಂಬಾತನು ನಡೆಸಿದನು. ಆತನು ನೇವಾ ನದಿಯ ಮೇಲೆ ಹದಿನಾಲ್ಕು ಪ್ರಯಾಣಿಕರು ಕೂಡಲಾಗುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ದೋಣಿಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದನು. ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು 550-ವಾಟ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ 320 ಗ್ಯಾಲ್ವಾನಿಕ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿ ಸರಬರಾಯಿಯನ್ನು ಯಕೋಬಿ ಏರ್ಪಡಿಸಿದನು. ಎಳೆತಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದುದು ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಇದೇ ಮೊದಲನೆಯ ಸಲ.

ಈಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ "ಟರ್ಬೋ–ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಹಡಗು" (turbo-electric ship) ಎಂಬ ಪದವು ವೃತ್ತಪತ್ರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಣಬರುವುದು. ಇದರ ಅರ್ಥ ಇಷ್ಟೆ : ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಏ-ವಿ (d-c) ಟರ್ಬೋ–ಉತ್ಪಾದಕಗಳನ್ನು (ಟರ್ಬೋಡೈನಾಮೊಗಳನ್ನು) ನಡೆಸುವುದಕ್ಕೆ ಆವಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದೆ ಮತ್ತು ಚಾಲಕ ತಿರುಪುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳ ದಂಡಗಳ ಮೇಲೆ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಿದೆ. ಆದರೆ ಇದು ಬಹಳ ತೊಡಕಾಯಿತಲ್ಲವೆ ? ಚಾಲಕ ತಿರುಪುಗಳನ್ನು ಟರ್ಬೈನಿನ ದಂಡಗಳ ಮೇಲೆ ನೇರವಾಗಿ ಏಕೆ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಬಾರದು ?

ಇದರ ಮೂಲಾಂಶವೇನೆಂದರೆ ಒಂದು ಆವಿಗಾಲಿ (ಟರ್ಬೈನ್) ಖಚಿತವಾಗಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ವೇಗಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಪರಮಾವಧಿ ಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಬಲ್ಲುದು. ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಆವಿಗಾಲಿಗಳು 3000 (rpm) ಆ/ಮಿ. ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವುವು. ಟರ್ಬೈನು ನಿಧಾನವಾದರೆ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಚಾಲಕ ತಿರುಪುಗಳನ್ನು ಟರ್ಬೈನಿನ ದಂಡಗಳ ಮೇಲೆ ನೇರವಾಗಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಿದ್ದರೆ, ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ ಏರ್ಪಡಿಸಿರುವ ಹಡಗು ನಿಕೃಷ್ಟವಾದ ಸಮುದ್ರಯಾನ ಯೋಗ್ಯತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗುವುದು. ಒಂದು ಏ-ವಿ (d-c) ವಿದ್ಯುತ್

ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರವು, ಹೀಗಿಲ್ಲದೆ, ಬಹಳ ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಎಳೆತ ಕ್ರಿಯೆಯ ರೇಖೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು : ಪ್ರತಿರೋಧ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಅದರಿಂದ ದೊರಕುವ ಎಳೆತ ಬಲವು ಅಷ್ಟೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಹಡಗು ಹೋಗಲು ಆರಂಭಿಸಿದಾಗ ಇರುವ ತಗ್ಗಾದ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲುದು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದು ಟರ್ಬೋ–ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಹಡಗಿನ ಟರ್ಬೈನಿಗೂ ಮತ್ತು ಚಾಲಕ ತಿರುಪಿಗೂ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಏ-ವಿ (d-c) ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರವೂ ಮತ್ತು ಏ-ವಿ (d-c) ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರವೂ ಪರಮಾದರ್ಶರೂಪಕ್ಕೆ ತಂದ ಒಂದು ಸ್ವಯಂಚಲಿ ಹಂತಗಳಿಲ್ಲದ (ಮಿತಿಯಿಲ್ಲದೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲ್ಪಡುವ) ಹಲ್ಲುಚಕ್ರ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಂತೆ (gear box) ಕಾರ್ಯಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇಂತಹ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದೆಂದು ತೋರಬಹುದು, ಆದರೆ ಆಧುನಿಕ ಟರ್ಬೋ-ವಿದ್ಯುತ್ ಹಡಗುಗಳ ಹೆಚ್ಚಾದ ಶಕ್ತಿ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಯಾವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಾದರೂ ಅಷ್ಟೇ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸುವುದು, ಮತ್ತು ಅವು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಖಾತರಿಯಾದವು.

ಟರ್ಬೋ–ವಿದ್ಯುತ್ ಹಡಗಿನ ಶಕ್ತಿ ಅಳವಡಿಕೆಯನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಅಡಕವಾಗಿಲ್ಲದ ಆವಿಯ ಕುದಿ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ–ಶಕ್ತಿ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವುದು ಬಹಳ ಫಲಕಾರಿ ಎಂದು ಸಿದ್ಧಪಡುವುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಡಲ ಪ್ರಯಾಣಕ್ಕೂ ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವ ಇಂಧನದ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಳಿತಾಯವಿರುವುದು. ಸೋವಿಯತ್ತಿನ ಶೀತವಲಯದ ನೌಕಾಪಡೆಯ ಸುವಿದಿತವಾದ ಲೆನಿನ್ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಶಕ್ತಿಯ ನೀರ್ಗಲ್ಲು ದೋಣಿಯು ಈ ವಿಧದಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲನೆಯದು. ಈ ಟರ್ಬೋ–ವಿದ್ಯುತ್ ಹಡಗಿನಲ್ಲಿನ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಶಕ್ತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಪುನಃ ಇಂಧನವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದೆ ಒಂದು ವರ್ಷ ಪರ್ಯಂತ ಸಾಗುವ ಕಡಲ ಪ್ರಯಾಣಗಳಿಗೆ ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಶಕ್ತಿ ನೀಡುತ್ತದೆ.

ಏ-ವಿ (d-c) ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಮುಖ್ಯ ರೈಲು ಭಾಟೆಗಳ

ವಿದ್ಯುತ್ ಎಂಜಿನ್‌ಗಳು, ಊರೊಳಗೆ ಚಲಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ರೈಲುಗಳು, ಮಾರ್ಗ ವಾಹನಗಳು ಮತ್ತು ಟ್ರಾಲಿ ಬಸ್ಸುಗಳು ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಅಧಿಸ್ಥಾನಗಳಿಂದ ಸರಬರಾಜು ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಯು.ಎಸ್.ಎಸ್.ಆರ್.ನಲ್ಲಿ (USSR) ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಎಳೆಯುವುದನ್ನು ಏಕಮುಖೀಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ 50 Hz ವಾಣಿಜ್ಯದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ಏಕಕಲಾತ್ಮಕ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದಾಗಲಿ ನಿರ್ವಹಿಸಲಾಗುವುದು. ಊರೊಳಗಿನ ಮಾರ್ಗ ವಾಹನ, ಟ್ರಾಲಿ ಬಸ್ ಮತ್ತು ಸುರಂಗ ರೈಲು ಮಾರ್ಗಗಳು ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಲಿಕಾನಿನ ಏಕಮುಖ ಪರಿವರ್ತಕಗಳು (Silicon rectifiers) ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ರೈಲು ಮಾರ್ಗಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಏಕಮುಖ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಉಪಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಾಗಲಿ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ರೈಲುಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಆಗಲಿ ನೆರವೇರಿಸಬಹುದು.

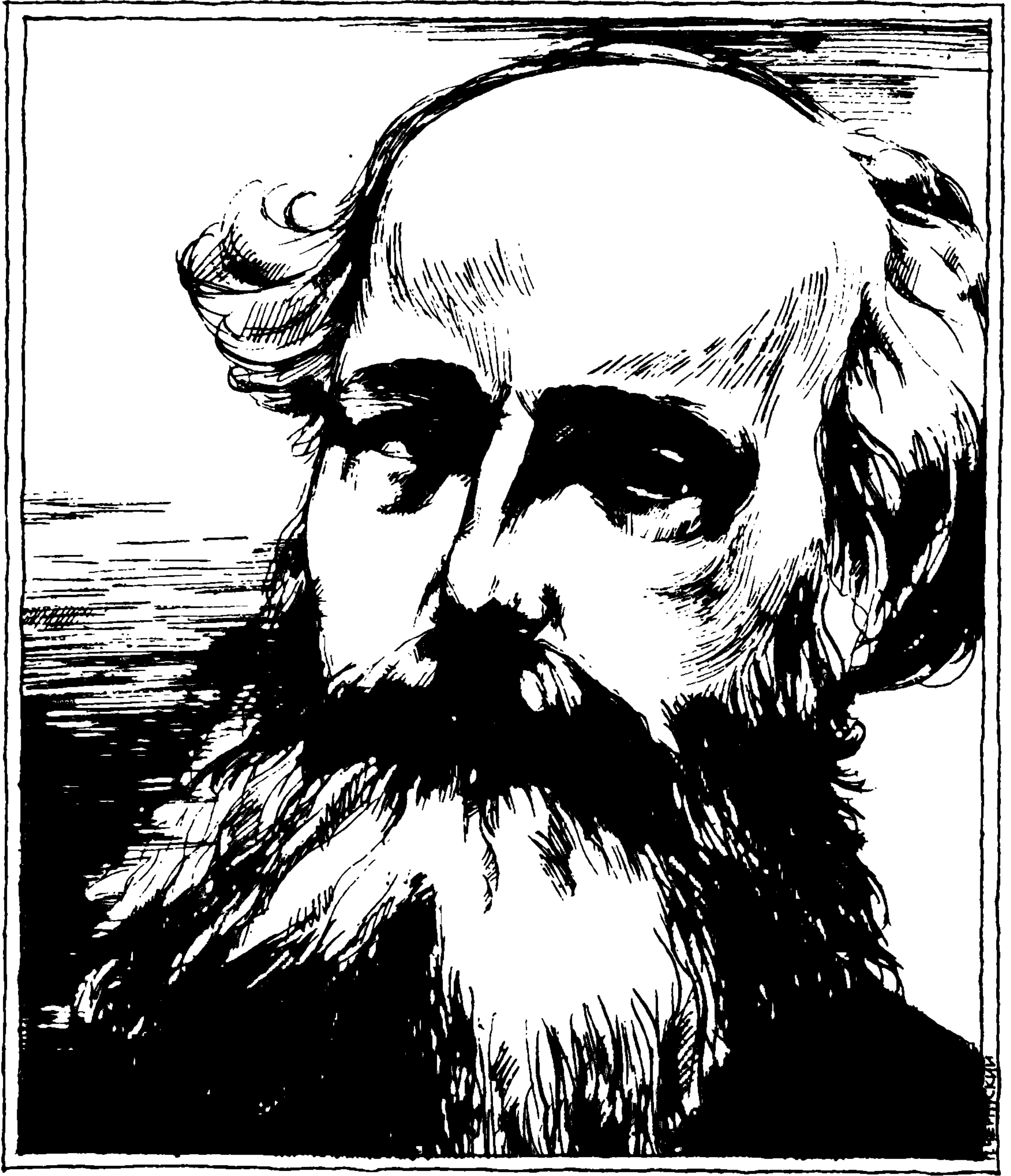
5. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಮೀಕರಣಗಳು

ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಆರನೆಯ ದಶಕದ ವೇಳೆಗೆ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕಾಂತತೆಗಳ ಸಂಬಂಧವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಮೊತ್ತದ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯು ಶೇಖರವಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಅದು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲದಂತೆಯೂ, ಹಲವು ವಿಚಾರಗಳಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿಯೂ, ಇದ್ದಿತು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಸುವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾದ ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ.

ಆದರೂ, ಬಹಳ ವಿಷಯಗಳು ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದವು. ಮೊದಲಿಗೆ, ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುವು ಎಂದೂ; ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುವೆಂದೂ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ತಿಳಿದಿದ್ದಿತು, ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯದಾಗಿ, ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಪ್ರಕಟವಾಗಿ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಂಗೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದವು. ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಅವನು ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದ್ದನು.

ಆಗಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಸುತ್ತಲಿನ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೋ ವಿಧದ ಘಟನೆಗಳು ಸಂಭವಿಸುತ್ತಿವೆ ಎಂದು ಅನೇಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಮತ್ತು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಫ್ಯಾರಡೆಯು, ಮನಗಂಡಿದ್ದರು. ಕಾಂತೀಯ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಬಲಗಳು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ



ಜೇಮ್ಸ್ ಕ್ಲಾರ್ಕ್ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (1831–1879) — ಸ್ಕಾಟ್ಲೆಂಡಿನ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ; ತಾತ್ವಿಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಸ್ಥಾಪಕ. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಮೀಕರಣಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು ಮತ್ತು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ–ಅದರ ಉತ್ಪತ್ತಿ→

ಸಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುವು ಎಂದು ಈ ಸಂಶೋಧಕ ತಂಡದವರು ಭಾವಿಸಿದ್ದರು. ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯು ಏರ್ಪಡುವ ಕ್ರಮವನ್ನು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವಂತೆ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ, ಹಲ್ಲು ಹಲ್ಲು ಕೂಡಿರುವ ಹಲ್ಲು ಚಕ್ರಗಳ ಒಂದು ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಹೋಲುವ, ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ಅನೇಕ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದವು. ಆದರೆ ಕೆಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ದೂರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಕೊಟ್ಟರು. ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ ಭೌತಿಕ ಕ್ರಿಯಾಕ್ರಮವನ್ನು ಅವರು ಒಪ್ಪಲಿಲ್ಲ. ಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಎಂಬ ಈ ಭಾವನೆಗಳು ಯಾವ ಸಾಧ್ಯವಾದ ವಿಧದ ವಾಸ್ತವಿಕತೆಯನ್ನೂ ನಿರೂಪಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಕೇವಲ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಪ್ರತೀಕಗಳು ಮಾತ್ರ ಎಂದು ಅವರು ವಾದಿಸಿದರು.

ವಿಜ್ಞಾನದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಬಾರಿ ಸಂಭವಿಸಿರುವಂತೆ, ವಾಸ್ತವಾಂಶವು ಈ ಎರಡು ಪಕ್ಷಗಳ ನಡುವಿನಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಿಯೋ ಇರುವುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಯಾವುದೋ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಜಾತಿಯ ದ್ರವ್ಯದ –ಈಥರ್‌ನ– ಚಲನೆಗೆ ಇಳಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ತರ್ಕಬದ್ಧವಾದವುಗಳಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಆದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಯು ಒಂದು ವಿದ್ಯುದಂಶ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ

→ ಮೂಲವು ಏನೇ ಆಗಿರಲಿ–ಇವುಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತವೆ. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನು ದ್ಯುತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸ್ಥಾಪಕ. ದ್ಯುತಿಯ ವೇಗದ ತಾತ್ವಿಕವಾದ ಮೌಲ್ಯವು ಅವನ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದಲೇ ತಾನೇ ತಾನಾಗಿ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಶೀಲತೆ ಮತ್ತು ವಕ್ರೀಕರಣಸೂಚ್ಯಂಕ ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧ, ಒಂದು ತರಂಗದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವಿಕೆ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿಯ ಒತ್ತಡದ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಇವೆಲ್ಲಕ್ಕೂ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಿದ್ಧಾಂತವೇ ಆಧಾರವಾಗಿದೆ.

ಅನಿಲಗಳ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಕೊಡುಗೆಯು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಮಹತ್ವವುಳ್ಳದ್ದೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಅನಿಲಗಳ ಅಣುಗಳ ವೇಗಗಳ ಹಂಚಿಕೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಗಣನೆಗಳಿಂದ ಸಾಧಿಸಿದನು.

ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ತಕ್ಷಣವೇ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು ಎಂದು ಸೂಚಿಸುವ ಸಂಶೋಧಕರೂ ತಪ್ಪು ಮಾಡಿದ್ದರು.

ಸ್ಕಾಟ್ಲೆಂಡಿನ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಜೇಮ್ಸ್ ಕ್ಲಾರ್ಕ್ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (1831–1879) ಕೇವಲ 26 ವರ್ಷಗಳ ವಯಸ್ಸಿನವನಾಗಿದ್ದಾಗ "**ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಬಲರೇಖೆಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ**" ("On Faraday's Lines of Force") ಎಂಬ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಅವನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದ ನಿಯಮಗಳು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿಯೇ ಅಡಕವಾಗಿದ್ದವು. ಆದರೆ, ಆತನು ತನ್ನ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಖಚಿತವಾದ ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳ ಅವಲಂಬವಿಲ್ಲದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸೂತ್ರೀಕರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳು ಬೇಕಾಯಿತು.

ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧದ ಮನೋಭಾವವುಳ್ಳ ಜನಗಳ ಪ್ರಯೋಜನಕ್ಕಾಗಿ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸತ್ಯವನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬೇಕು ಎಂದು ಈ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಒಮ್ಮೆ ಹೇಳಿದ. ಅದನ್ನು ಭೌತಿಕ ಚಿತ್ರಗಳ ಸ್ಪಷ್ಟ ರೂಪ ಮತ್ತು ಹೊಳೆಯುವ ಬಣ್ಣಗಳಿಂದಲೇ ಆಗಲಿ ಅಥವಾ ಸಾಂಕೇತಿಕ ನಿರೂಪಣೆಯ ಸರಳತೆ ಮತ್ತು ಕಾಂತಿಹೀನತೆಯಿಂದಲೇ ಆಗಲಿ ವಿವರಿಸುವುದು ಎರಡೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ಸಮವಾಗಿರುವುವು ಎಂದು ಆತ ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟ.

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಿಯಮಗಳು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಸೇರಿದವು. ಅವುಗಳನ್ನು ತಾರ್ಕಿಕ ವಾದಸರಣಿಯಿಂದಾಗಲಿ ಗಣಿತದ ಅಭಿಕಲನಗಳಿಂದಾಗಲಿ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿ ತೋರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮಗಳು ನಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಯ ವಿಸ್ತರಣಗಳು. ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಡುವುವು, ದೊರಕುವುವು ಅಥವಾ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲ್ಪಡುವುವು. ಅಸಾಧಾರಣ ಪ್ರತಿಭಾಶಾಲಿ ಒಬ್ಬನು ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮವೊಂದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಊಹೆಗಳ ಪರಂಪರೆಯನ್ನೂ ಮತ್ತು ಕಲ್ಪನಾತ್ಮಕ ಗ್ರಹಣಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಕೊನೆಯವರೆಗೂ ವಿಮರ್ಶಿಸುವುದು ವಿಜ್ಞಾನದ ಚರಿತ್ರಕಾರರಿಗೂ ಮತ್ತು ಮನಶ್ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರಿಗೂ ಆಕರ್ಷಕವಾದ ವಿಷಯ. ಆದರೆ ಇದು ಒಂದು

ಬೇರೆ ಪುಸ್ತಕದ ವಿಷಯವಾಗುವುದು. ವಾಚಕನಿಗೂ ನನಗೂ ಉಳಿದಿರುವುದು ಏನೆಂದರೆ, ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕವಾಗಿರುವ ಕ್ರಮಾನುಗತವಾದ ಕಲ್ಪನೆಗಳ ಒಂದು ರೂಪರೇಖೆಯು ವಿಮರ್ಶೆಯು ಮಾತ್ರ.

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವರ್ತನೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾದ ಸಾಂಕೇತಿಕ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಕೈಗೊಂಡಾಗ ಆತನಿಗೆ ತಿಳಿದಿದ್ದು ಏನು ?

ಮೊದಲಿಗೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಸಮೀಪದ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಬಲದ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣದ (ತೀವ್ರತೆ) ಮೂಲಕ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿನ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನು ಕಾಂತೀಯ ಬಲದ ಒಂದು ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣದ ಮೂಲಕ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಆತನಿಗೆ ಗೊತ್ತಿದ್ದಿತು.

ಆದರೆ ನಿಶ್ಚಲವಾದ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಮಾತ್ರ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲಗಳೇ ? ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಮಾತ್ರ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲಗಳೇ ?

ಇಲ್ಲವೆಂದು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಉತ್ತರಿಸಿದನು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನಿಯಮಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಮುಂದಿನ ಊಹೆಗಳ ಸರಣಿಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದನು.

ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಪರ್ಯಾಯ ಅಭಿವಾಹದಿಂದ ಸುತ್ತಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಕುಣಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುವುದು ಎಂದು ಫ್ಯಾರಡೆ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಮೇಲೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಇದು ಹೀಗಿರಲು, ಫ್ಯಾರಡೆ ನಿಯಮವನ್ನು ನಾವು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳಬಹುದು : ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವು ಹಾದು ಹೋಗುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಕುಣಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ಒಂದು ತಂತಿಯ ಕುಣಿಕೆಯು ಸುತ್ತು

ಗಟ್ಟಿರುವುದು ಅವಶ್ಯಕವೇ ? ಅದು ಎಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೂ, ಒಂದು ಲೋಹದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಲ್ಲೇ ಆಗಲಿ ಅಥವಾ ಬರಿಯ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ಅಲ್ಲವೆ ? ಅದು ಹೇಗಾಗಿದ್ದರೂ ಒಂದೇ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಆಗ ಈ ಮುಂದಿನ ನಿರೂಪಣೆಯು ಸರಿಯಾಗಿರುವುದು : ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಅಭಿವಾಹದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಸಂವೃತ ಬಲ ರೇಖೆಯು ಕಾಣಬರುವುದು.

ಹೀಗಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯ ಎರಡು ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸೂತ್ರೀಕರಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಎರಡು ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವುದು ಎಂದು ಒತ್ತಿಹೇಳುತ್ತೇವೆ : ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳಿಂದ (ಆಗ ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳಿಂದ ಆರಂಭವಾಗಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯಾಗುತ್ತವೆ) ಮತ್ತು ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ (ಆಗ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಬಲ ರೇಖೆಯು ಸಂವೃತವಾಗಿದ್ದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ಸುತ್ತುಗಟ್ಟಿರುವುದು.)

ಇದಾದ ಮೇಲೆ, ನಾವು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಂದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುವುದು; ಇದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ಗೆ ಗೊತ್ತೇ ಇದ್ದಿತು. ಏಕಮುಖೀಯ (ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು ಮತ್ತು ಪರ್ಯಾಯ (ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರುವ) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು. ಆದರೆ ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಉಂಟಾಗುವುದು ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಮತ್ತು ತಂತಿ ಇಲ್ಲದೆ, ಬರಿಯ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವಿದ್ದರೆ ಏನಾಗುವುದು ? ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಅಭಿವಾಹದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಂವೃತ ಕಾಂತೀಯ ಬಲ ರೇಖೆ ಉಂಟಾಗುವುದು ಎಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ತರ್ಕಬದ್ಧವಾಗಿರುವುದಲ್ಲವೇ ? ಈ ಚಿತ್ರದ ಸಮರೂಪತೆಯಿಂದಾಗಿ ಅದು ಬಹಳ ಆಕರ್ಷಕ

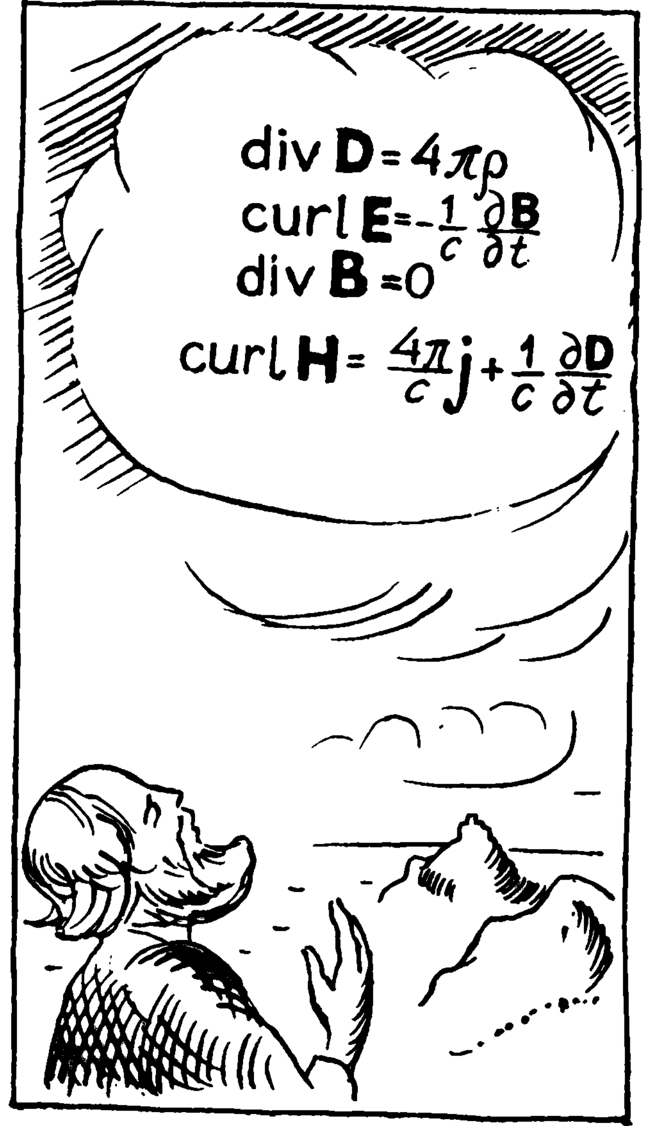
ವಾಗಿರುವುದು : ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಭಿವಾಹವು ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಎರಡು ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವರ್ತನೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಇನ್ನೂ ಎರಡು ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಪೂರ್ತಿ ಮಾಡಬೇಕು. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲ ಯಾವುದೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ (ಕಾಂತೀಯ ಅಂಶಗಳು ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ) ಎಂಬುದು ಮೂರನೆಯ ನಿಯಮ. ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಂದಲೂ, ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ ದಿಂದಲೂ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುವುದು ಎಂಬುದು ನಾಲ್ಕನೆಯ ನಿಯಮ.

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಾಲ್ಕು ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಗಣಿತದ ಸಮೀಕರಣಗಳ ರೂಪ ದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಮನೋಹರವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಅವುಗಳ ವಿಷಯ ವಾಗಿ, ಆಸ್ಟ್ರಿಯದ ವಿಖ್ಯಾತ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಲುಡ್ವಿಗ್ ಎಡ್ವರ್ಡ್ ಬೋಲ್ಟ್‌ಸ್‌ಮನ್ (1844-1906) ಎಂಬಾತನು ಗಯಠೆ ಕವಿಯ ಒಂದು ಪಂಕ್ತಿಯನ್ನು ಉದ್ಧರಿಸುತ್ತ: "ಈ ಪಂಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಬರೆದವನು ಒಬ್ಬ ದೇವತೆಯೇ ?...," ಎಂದನು. ಈ ಸಮೀ ಕರಣಗಳ ಅರ್ಥವನ್ನು ವಾಚಕನಿಗೆ ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿಕೊಡಲಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ವಿಷಾದಕರ. ಇದಕ್ಕೆ ಈ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲ್ಪಟ್ಟ ಮಟ್ಟದ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರ ಜ್ಞಾನವು ವಾಚಕನಲ್ಲಿರಬೇಕಾಗುವುದು (ಚಿತ್ರ 5.1).

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಿಯಮಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದೇನೆಂದರೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಭಾವದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಭಾವದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವಿರಲಾಗು ವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಎಂಬ ಗುಣವಾಚಕ ಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಅಲ್ಪವಿರಾಮ ಚಿಹ್ನೆ (comma) ಸೇರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅವಿಭಕ್ತ ವಸ್ತು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲಗಳಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯು



ಚಿತ್ರ 5.1

ದಂಶಗಳಿಂದ ನಾವು ದೂರ ಸರಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ದ್ರವ್ಯದ ಶುದ್ಧ ರೂಪ ದೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತೇವೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ತಂಡಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇಲ್ಲ. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅವುಗಳು ಅವಕಾಶದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆ ಬರೆಯಬಹುದು. ಆಗ ಅವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಸರಳವಾಗಿ ಕಾಣುವುವು : ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವು ಕಾಲ

ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ, ಕಾಲಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುವ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣವೂ ಇರುತ್ತದೆ.

"ಆದರೆ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವುದೆಲ್ಲಾ ಶುದ್ಧ ಊಹಾಪೋಹವಲ್ಲವೇ ?" ಎಂದು ವಾಚಕನು ಕೇಳುತ್ತಾನೆ. ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ, ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅವಕಾಶದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿನ ಶೀಘ್ರಗತಿಯಿಂದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ.

ನಿಜ ! ಆದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಂದ ನಿಶ್ಚಯಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ಪ್ರಕೃತದಲ್ಲಿ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಕೋಟಿಗಟ್ಟಲೆಯಲ್ಲಿವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪವೆಲ್ಲಾ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಏನೇನೂ ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷೆ ಅಲ್ಲ.

ಆದಾಗ್ಯೂ, ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಆಧಾರ ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಬಹುಮುಖ್ಯ ತೀರ್ಮಾನದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಹೇಳುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯ. ಸ್ವಲ್ಪವೂ ದೋಷವಿಲ್ಲದ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ಗಣನೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವು ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು ಎಂದು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಬಹುದು.

ಅವಕಾಶದ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಪರಿಮಿತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳೂ ಇವೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಈ ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ವಿಧವಿಧವಾದ ಶಕ್ತಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಸಂಭವಿಸಬಹುದು. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಅಥವಾ ರಾಸಾಯನಿಕ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ, ಅಲ್ಲದೆ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಯಂತ್ರ ಸಂಯೋಜನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ತಂತಿಗಳಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗುವ ಉಷ್ಣವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈಗ ಜಮಾ ಖರ್ಚುಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಲೆಖ್ಖ ಹಾಕಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯೋಣ. ಆದರೆ ಅವು ತಾಳೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ ? ನಮ್ಮ ವ್ಯೂಹದ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಭಿನ್ನಾಂಶವು ಅವಕಾಶಕ್ಕೆ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗಿದೆ ಎಂದು ಗಣನೆಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬರುವುದು.

ಈ "ವಿಕಿರಣ" ಹೊಂದಿದ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಏನನ್ನಾದರೂ

ಹೇಳುತ್ತಿದೆಯೆ ? ಅದು ಹೇಳುವುದು ಇದೆಯೆಂದು ಕಾಣುವುದು. ಅದಕ್ಕೆ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಬಿಡಿಸುವುದು ಉತ್ಪನ್ನಮೂಲದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ತುಂಬ ತೊಡಕಾಗಿರುವುದು. ಆದರೆ "ವಿಕಿರಣ" ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ವ್ಯೂಹದ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಗಮನೀಯವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರವು ಬಹಳ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇದು ಮುಖ್ಯವಾದುದು, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಗೆ ಒಳಪಡುತ್ತದೆ.

ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾದ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು (ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಕೊರತೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ) ಅವಕಾಶದ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಅದರ ಪ್ರಸಾರದ ದಿಕ್ಕಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು. ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಯು ಸುಮಾರು 300 000 ಕಿ.ಮೀ/ಸೆ.ಗಳ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವುದು. ಈ ಅಂಕಿಯು ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ದೊರಕುವುದು ! ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಎರಡನೆಯ ಫಲಿತಾಂಶವೇನೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳು ತರಂಗದ ಪ್ರಸರಣದ ದಿಕ್ಕಿಗೂ ಮತ್ತು ಪರಸ್ಪರ ಒಂದಕ್ಕೊಂದೂ ಲಂಬವಾಗಿರುವುವು. ಮೂರನೆಯದಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆಯು (ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿನ ಶಕ್ತಿ) ದೂರದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು.

ಬೆಳಕು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಗಣನೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಈ ವೇಗಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದೆಂದೂ ಮತ್ತು ಬೆಳಕಿನ ಧ್ರುವೀಕರಣದ (polarization) ವಿಚಾರವಾಗಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಪೂರ್ತಿಯಾದ ವಿವರಗಳು ತಿಳಿದುಬಂದು ಅದರಿಂದ ದ್ಯುತಿಯ ಶಕ್ತಿಯು ಕೆಲವು "ಅಡ್ಡ" ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದೆಂದು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿದ್ದರಿಂದಲೂ, ಬೆಳಕು ಒಂದು ವಿಧದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವೆಂದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ನಿರ್ಧರಿಸಿದನು.

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಿಧನದ ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ, ಒಂಭತ್ತನೆಯ ದಶಕದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ, ಪ್ರಖ್ಯಾತ ಜರ್ಮನ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಹೈನ್ರಿಕ್ ರುಡಾಲ್ಫ್ ಹರ್ಟ್ಸ್ (1857–1894) ಎಂಬಾತನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಿದನು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನೆರವೇರಿದ ನಂತರ,

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಿಯಮಗಳೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಸಮೀಕರಣಗಳೂ ಆಧುನಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ರಚನೆಗೆ ಆಧಾರಕೊಡುವ ಅಲ್ಪ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮೂಲೆಗಲ್ಲುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿ ಶಾಶ್ವತವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು.

ವಿಕಿರಣದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮಾದರಿಗಳು

ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮಾದರಿಗಳಿಗೂ ಗಣಿತರೂಪದ ಮಾದರಿಗಳಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಬಹುದು. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಗುಂಡುಗಳು, ಸ್ಪ್ರಿಂಗುಗಳು, ದಾರಗಳು, ರಬ್ಬರ್ ಹುರಿಗಳು, ಮುಂತಾದವುಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮಾದರಿಯು ಯಾವುದಾದರೊಂದು ವಿದ್ಯಮಾನ ವನ್ನು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿರುವುದು. ಒಂದು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮಾದರಿಯನ್ನು ರಚಿಸಿ ಅದರ ಕಾರ್ಯರೀತಿಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದರಿಂದ ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಗೆ "ಇಂತಹ ಒಂದು ಪರಿಮಾಣವು ಇಂತಹ ಒಂದು ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ" ಎಂದು ಹೇಳಿ, ಯಾವುದಾದರೊಂದು ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಅವನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಸಹಾಯಮಾಡಿ ಕೊಡುತ್ತೇವೆ. ಗಣಿತರೂಪದ ಮಾದರಿಗಳೆಲ್ಲಾ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮಾದರಿಯಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದು ಕಾಣುವುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ವಿಚಾರವನ್ನು ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಮುನ್ನ, –ಇದು ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾದ ತಾತ್ವಿಕ ಕ್ರಮಗಳಿಂದಲೂ ಲಭಿಸುವ ವಿಷಯವಾಗಿದೆ – ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಕಾರ್ಯರೂಪದಲ್ಲಿ ರಚಿಸಬಹುದಾದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸಬೇಕು.

ಇಂತಹ ಮಾದರಿಗಳು ಎರಡಿವೆ : ಕಣಾತ್ಮಕ ಮತ್ತು ತರಂಗಾತ್ಮಕ. ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳ – ಬಟಾಣಿ ಕಾಳುಗಳಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಗಸಗಸೆಯ ಕಾಳುಗಳಾಗಲಿ– ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ "ವಿಕಿರಣ" ಮಾಡುವ ಒಂದು ಆಟದ ಸಾಮಾನನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಇದು **ಕಣಾತ್ಮಕ ಮಾದರಿ** (corpuscular

model) ಏಕೆಂದರೆ "ಕಣ" ಎಂಬ ಪದದ ಅರ್ಥವು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಂತಹ ವಸ್ತು.

ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವೇಗದೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತ ಮತ್ತು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವುಳ್ಳ ಕಣವು ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರಬೇಕು. ಕಣಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದು ತಮ್ಮ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳ ಬಹುದು, ಆದರೆ ಹೀಗಾಗುವುದು ಘರ್ಷಣೆಗಳು ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗದ ನಿತ್ಯತ್ವದ ನಿಯಮಗಳಿಗನುಸಾರವಾಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ. ಹಲವು ಕಾಯಗಳು ಕಣಗಳಿಂದ ಅಭೇದ್ಯವಾಗಿರಬಹುದು. ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ಕಾಯಗಳಿಂದ ಈ ಮುಂದಿನ ನಿಯಮವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಪುಟ ನೆಗೆಯಬೇಕು : ಆಪಾತದ ಕೋನವು ಪ್ರತಿಫಲನ ಕೋನಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು. ಮಾಧ್ಯಮವು ಕಣಗಳನ್ನು ಐಕ್ಯಮಾಡಿ ಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಕಣಗಳು ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮದೊಳಗೆ ಚಲಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೊಂದು ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿದ್ದರೆ, ನಾವು ವಕ್ರೀ ಕರಣಕ್ಕೆ ಸುಲಭವಾದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು. ಒಂದು ಅಪಾರದರ್ಶಕ (opaque) ಪರದೆಯಲ್ಲಿನ ಒಂದು ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋದಮೇಲೆ, ಒಂದು ಬಿಂದುವಿ ನಿಂದ ಹೊರಬರುವ ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ಶಂಕುವಿನೊಳಗಡೆ ಚಲಿಸಬೇಕು. ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಚದರಿಕೆಯೇನೋ ಇರಬಹುದು ನಿಜ, ಏಕೆಂದರೆ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಭಿನ್ನಾಂಶವು ರಂಧ್ರದ ಅಂಚಿನಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವುವು. ಹೀಗೆ ಪ್ರತಿ ಫಲಿತವಾದ ಕಣಗಳು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿರಬೇಕು ಮತ್ತು ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಛಾಯಾ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಚಾಚುವ ಯಾವ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ನಮೂನೆಯನ್ನೂ ಉಂಟುಮಾಡಲಾರವು.

ತರಂಗಾತ್ಮಕ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ನೀರಿನ ಸ್ನಾನ ತೊಟ್ಟಿಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲಾಗುವುದು. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ನೀರು ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುವಂತೆ ಏರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ನೀರಿನೊಳಕ್ಕೆ ಬೀಳಿಸಲಾದ ಒಂದು ಕಲ್ಲಿನಿಂದ ಆಗುವ ಹಾಗೆ, ಈ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಸತತವಾಗಿ ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತಿರುವ ವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಕೇಂದ್ರೀಯ ತರಂಗಗಳು ಹೊರಗಡೆಗೆ

ಹರಡುವುವು. ತರಂಗದಂತಿರುವ ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ನಾವು ಕಾಣಬಹುದು. ಶಕ್ತಿಯು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ತೇಲುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಮರದ ತುಂಡು ನಾವು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತಿರುವ ಬಿಂದುವಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೊಂದಿಗೆ ಆಂದೋಲನಮಾಡಲು ಆರಂಭಿಸುವುದು.

ಧ್ವನಿಯ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ನೋಡುವುದು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚು ಕಷ್ಟವಾದುದು. ಆದರೆ ಧ್ವನಿಯು ಮಾಧ್ಯಮದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವಿಕ್ಷೇಪದಿಂದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುದೆಂದು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮನಗಾಣಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಬಹುದು.

ಅನೇಕಾನೇಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ತರಂಗಾತ್ಮಕ ಮತ್ತು ಕಣಾತ್ಮಕ ಮಾದರಿಗಳೆರಡರಿಂದಲೂ ಅಷ್ಟೇ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಹುದು. ಆದರೆ ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳೂ ಒಂದೇ ಸಮವಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ ಇನ್ನೂ ಒಂದು ನಿಬಂಧನೆಯು ಪಾಲನೆಯಾಗಿರಲೇಬೇಕು : ತರಂಗವು ಸಂಧಿಸುವ ಅಡಚಣೆಗಳು ಮತ್ತು ರಂಧ್ರಗಳು ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಣ್ಣವಾಗಿದ್ದಾಗ, ಅದು ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹದಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುವುದು.

ತರಂಗ ಮಾದರಿಯ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ $c = \nu\lambda$ ಎಂಬ ಮುಖ್ಯ ಸೂತ್ರದಿಂದ ನಾವು ಗಣನೆಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಮನುಷ್ಯನ ಉಚ್ಚಾರ ಧ್ವನಿಯ ಸರಾಸರಿ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ 1000 Hz ಆಗಿದ್ದು, ಅದು 30 ಸೆಂ.ಮೀ. ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಸರಿಹೋಗುವುದು. ಇಂತಹ ತರಂಗವು ಒಂದು ಮೀಟರು ಅಳತೆಯುಳ್ಳ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಬೇಕಾದರೆ ಅದು ಮೂಲೆಯ ಸುತ್ತ ತಿರುಗಿಕೊಂಡು ಹೋಗಬಲ್ಲುದು. ಆದರೆ ರಂಧ್ರದ ಪರಿಮಾಣವು ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನಷ್ಟಿದ್ದರೆ, ಧ್ವನಿಯ ಕಿರಣಜಾಲವೊಂದು ಅದರ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವುದು. ಆದರೆ ಇದು ಧ್ವನಿಯ ಮೂಲ ಮತ್ತು ಅದರ ಗ್ರಾಹಕ ಇವುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ಸರಳರೇಖೆಯು ಯಾವ ಅಡಚಣೆಯನ್ನೂ ಸಂಧಿಸದಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಎಂದು ಒತ್ತಿಹೇಳಬಹುದು.

ಗೋಡೆಯ ಮೇಲೆ ಬಹಳ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುವ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಒಂದು ಕೊಠಡಿ

ಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸರಣ ನಡೆಯುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಹೊರಗಡೆ ಕಿಟಕಿಯ ಕೆಳಗೆ ಒಂದು ಬೆಂಚಿನ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ಮನುಷ್ಯನು ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸರಣವನ್ನು ಕೇಳಬಹುದು. ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನು ಭದ್ರವಾಗಿ ಮುಚ್ಚಿದ್ದು, ಗೋಡೆಗಳು ದಪ್ಪವಾಗಿದ್ದರೆ, ಧ್ವನಿಯು ಬಾಗಿಲೊಳಗಿನ ಬೀಗದಕೈ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಮಾತ್ರ ಸಾಗಲು ಸಾಧ್ಯ. ಈಗ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾದ ಸಂಸೂಚಕ ಸಲಕರಣೆ (detector) ಕೂಡ ಬೀಗದಕೈ ರಂಧ್ರವೂ ಸಂಸೂಚಕ ಸಲಕರಣೆಯೂ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು ಗ್ರಹಿಸ ಬಲ್ಲುದು. ಇಲ್ಲಿ ಧ್ವನಿ ಶಕ್ತಿಯು ಕಣಗಳ ಒಂದು ಪ್ರವಾಹದಂತೆ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವ ರೂಕ್ಷತೆಯುಳ್ಳ ಗೋಡೆಯಿಂದ ಪ್ರತಿ ಫಲನದ ನಿಯಮವನ್ನು ತರಂಗಾತ್ಮಕ ಮಾದರಿಯೂ ಪಾಲಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಾರ್ಕಿಕ ಕ್ರಮದಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ನೀರಿನ ತೊಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೂ ಸುಲಭ ವಾಗಿ ತೋರಿಸಬಹುದು.

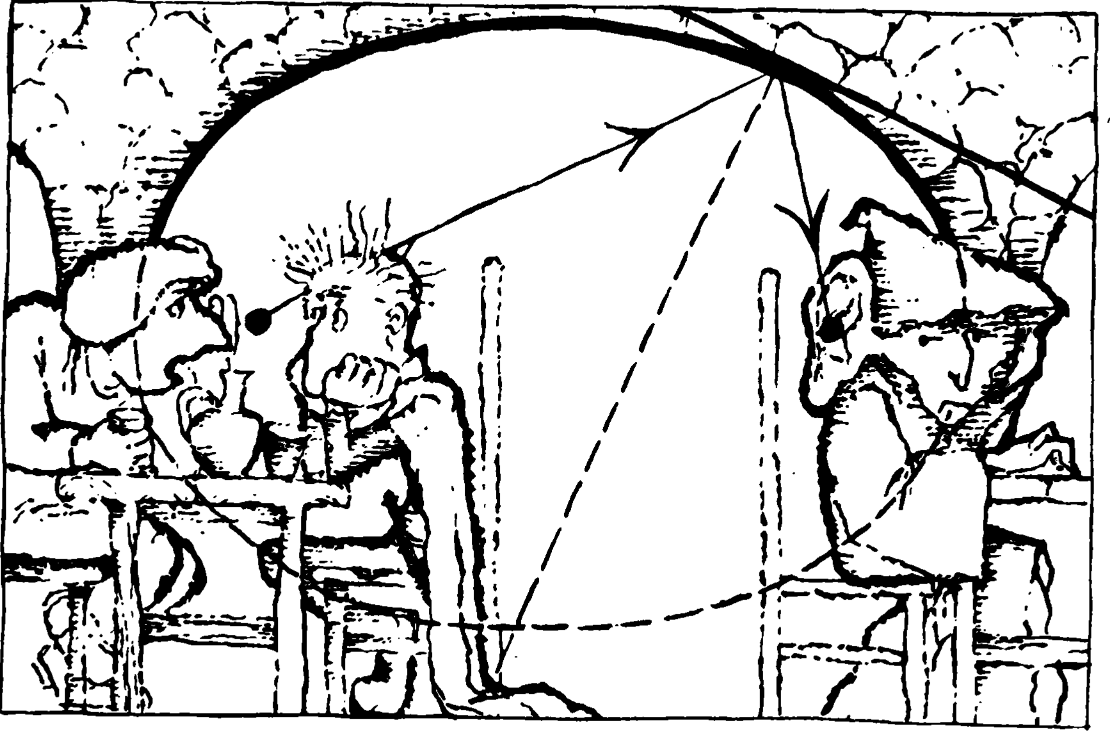
ಧ್ವನಿ ಅಥವಾ ಇತರ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ತರಂಗವು ನುಣುಪಾಗಿರುವ ಸಮತಲದಿಂದ ಹೇಗೆ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುವುದು ಎಂಬುದು ವಾಚಕನಿಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದೇ ಇರುವುದು. ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಮೇಲ್ಮೈಯು ವಕ್ರವಾದ ಆಕೃತಿಯುಳ್ಳ ದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ, ಕುತೂಹಲಕರವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಮುಂದಿಡಬಹುದು.

ಇಂತಹ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೀಗಿರುವುದು. ಒಂದು ಬಿಂದು ರೂಪದ ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲದಿಂದ ಹೊರಬರುವ ತರಂಗವನ್ನು ಒಂದೇ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಪುನಃ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಯಾವ ವಿಧವಾದ ಮೇಲ್ಮೈ ಬೇಕಾಗುವುದು ? ಈ ಮೇಲ್ಮೈ ಆಕೃತಿ ಹೇಗಿರಬೇಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಣಗಳು ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ಆಪಾತವಾಗಿ, ಎಲ್ಲಾ ಇನ್ನೊಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಬೇಕು. ಈ ಮೇಲ್ಮೈ ಯಾವುದು ?

ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತವೆಂದು ಹೆಸರುಳ್ಳ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯ ಗುಣ ಒಂದು ವಾಚಕನ ನೆನಪಿನಲ್ಲಿರಬಹುದು. ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತದ ಒಂದು ನಾಭಿ ಬಿಂದುವಿ ನಿಂದ ವಕ್ರರೇಖೆಯ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದು ಇರುವ ದೂರ ಮತ್ತು

ಇನ್ನೊಂದು ನಾಭಿ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಈ ಬಿಂದುವಿಗಿರುವ ದೂರ ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತವು ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತದ ಎಲ್ಲಾ ಬಿಂದುಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಈ ದೀರ್ಘವೃತ್ತ ವನ್ನು ಅದರ ದೀರ್ಘ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತಿಸಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿ. ಸುತ್ತುವ ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಅಂಡಾಕೃತಿ (ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತಜ) ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈ ಯನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. (ಅದರ ಆಕೃತಿಯು ಒಂದು ಸಮರೂಪತೆಯುಳ್ಳ ಮೊಟ್ಟೆ ಯನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ). ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತದ ಇನ್ನೊಂದು ಲಕ್ಷಣವು ಹೀಗಿರು ವುದು. ಶೃಂಗವು ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಭುಜಗಳು ನಾಭಿ ಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವಂತೆಯೂ ಇರುವ ಒಂದು ಕೋನವನ್ನು ಎಳೆದರೆ, ಈ ಕೋನದ ದ್ವಿಭಾಜಕ ರೇಖೆಯು (bisector) ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಒಂದು ತರಂಗವೊ ಅಥವಾ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಪ್ರವಾಹವೊ ಅಂಡಾಕೃತಿಯ ಒಂದು ನಾಭಿಯಿಂದ ವಿಸರ್ಜಿತವಾದರೆ, ಅದು ಆಂತರಿಕ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿ ಇನ್ನೊಂದು ನಾಭಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಬಂದು ತಲಪುತ್ತದೆ.

ಧ್ವನಿ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ, ಗೋಡೆಗಳೂ ಮತ್ತು ಒಳಮಾಳಿಗೆಯೂ ಸಾಕಷ್ಟು ನುಣುಪಾಗಿಯೇ ಇರುವುವು. ಒಳಮಾಳಿಗೆಯು ಕಮಾನು ಚಾವಣಿಯಂತೆ ಬಾಗಿದ್ದರೆ, ಧ್ವನಿ ಪ್ರತಿಫಲನದ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಂಭವವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಕಮಾನಿನಂತೆ ಬಾಗಿರುವ ಒಳಮಾಳಿಗೆಯು ಒಂದು ಅಂಡಾಕೃತಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಬಹು ಸನ್ನಿಕಟವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ನಾಭಿಯಿಂದ ವಿಸರ್ಜಿತವಾದ ಧ್ವನಿಯು ಒಳಮಾಳಿಗೆಯಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ನಾಭಿಗೆ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಕಮಾನು ಚಾವಣಿಯಂತೆ ಬಾಗಿದ ಒಳಮಾಳಿಗೆಗಳ ಈ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವು ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದಿಂದ ಪರಿಚಿತವಾಗಿದ್ದಿತು. ಮಧ್ಯ ಯುಗದಲ್ಲಿ, ರೋಮನ್ ಕ್ಯಾಥೊಲಿಕ್ ಮಠದ ಪಾಷಂಡ ವಿಚಾರಣಾಕ್ರಮದ (inquisition) ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಹೊಂಚು ಕೇಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು. ಇಬ್ಬರು ವ್ಯಕ್ತಿಗಳು ತಮ್ಮ ಆಲೋಚನೆ ಗಳನ್ನು ಒಬ್ಬರಿಗೊಬ್ಬರು ಮೆಲುದನಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವಾಗ, ಮಧ್ಯ



ಚಿತ್ರ 5.2

ದಂಗಡಿಯ ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಕುಳಿತು ತೂಕಡಿಸುತ್ತಿರುವ ಪಾದ್ರಿಯು ಹೊಂಚುಕೇಳುತ್ತಿರುವನೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. (ಚಿತ್ರ 5.2)

ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದರಲ್ಲಿ ಕಣಾತ್ಮಕ ಮತ್ತು ತರಂಗಾತ್ಮಕ ಮಾದರಿಗಳೆರಡೂ ಒಂದೇ ಸಮವಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವುವು. ಆದರೆ ಬಿಲಿಯರ್ಡ್ ಗುಂಡುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಂತಹ ಸಂಭವಕ್ಕೆ ತರಂಗಾತ್ಮಕ ಮಾದರಿಯಿಂದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ಕಣಾತ್ಮಕ ಮಾದರಿಯು ನಿಭಾಯಿಸಲು ಅಸಮರ್ಥವಾಗಿರುವ ಹಲವಾರು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳಿವೆ.

ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಇದು **ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ**, –ಅಂದರೆ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಮೊತ್ತವು ಅವುಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವ ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯವೇ ಆಗಿರುವ ಸಂಕಲನಕ್ಕೆ – ಸಂಬಂಧಿಸಿದುದು. ಎರಡು ತರಂಗಗಳು ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲಪಿ,

ಅವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಕಲಾಂತರ. ಒಂದು ತರಂಗದ ಶೃಂಗವು ಮತ್ತೊಂದರ ಶೃಂಗದೊಡನೆ ಸರಿಸಮನಾಗಿ ಹೊಂದಿಕೊಂಡರೆ ತರಂಗಗಳು ಒಂದರೊಡನೆ ಒಂದು ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ತರಂಗದ ಶೃಂಗವು ಇನ್ನೊಂದು ತರಂಗದ ಕುಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಆಂದೋಲನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಸಂಕಲನದ ಫಲಿತಾಂಶವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದು. ಒಂದೇ ಬಿಂದುವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವ ತರಂಗಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಅಳಿಸಿಬಿಡುತ್ತವೆ. ಎರಡು ತರಂಗ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಅಧ್ಯಾರೋಪವಾದಾಗ, ಕೆಲವು ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ಸಂಕಲಿತವಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಇತರ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರಿಂದೊಂದು ಕಳೆಯಲ್ಪಡುವುದು. ಇದೇ ವ್ಯತಿಕರಣ. ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹದ ಭಾಷೆಯನ್ನು ಬಳಸಿ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲದಿರುವ ಸಂಭವಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಮೊದಲನೆಯದು. ವಿಕಿರಣವು ಕಾಳುಗಳ ಒಂದು ಪ್ರವಾಹದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಎಲ್ಲಾ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಲಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದನ್ನೊಂದು ತೀವ್ರಗೊಳಿಸಲೇಬೇಕು.

ಎರಡನೆಯ ಮುಖ್ಯ ಸಂಭವವು **ವಿವರ್ತನ** (ವಕ್ರವಿಯೋಜನ, (diffraction), ಅಂದರೆ ಮೂಲೆಗಳ ಸುತ್ತ ಬಾಗುವುದು ಅಥವಾ ಅಡಚಣೆಗಳ ಸುತ್ತ ಬಾಗಿ ಸಾಗುವುದು. ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹ ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸಲಾರದು, ಆದರೆ ತರಂಗವು ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವರ್ತಿಸುವುದು. ಪಾಠಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರ್ತನವನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ನೀರಿನ ತೊಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ತರಂಗಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲಾಗುವುದು. ತರಂಗಗಳ ಪಥದಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರವಿರುವ ಒಂದು ತಡಕೆಯನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಮೂಲೆಗಳ ಸುತ್ತ ಬಾಗುವುದು ಕಣ್ಣಿಗೇ ಕಾಣಬರುವುದು. ಈ ಸಂಭವದ ಕಾರಣವು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದುದಾಗಿರುವುದು. ನೀರಿನ ಕಣಗಳು ರಂಧ್ರದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಕಂಪಿಸಲು ಆರಂಭಿಸುವುವು. ರಂಧ್ರದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದುವೂ ಒಂದು ತರಂಗವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು, ಎಲ್ಲಾ ಬಿಂದುಗಳೂ ವಿಕಿರಣದ ಆರಂಭದ ಉತ್ಪನ್ನ ಬಿಂದುವಿನಷ್ಟೇ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವುಳ್ಳವುಗಳು–

ಈ ಎರಡನೆಯ ತರಂಗವು "ಒಂದು ಮೂಲೆಯ ಸುತ್ತ ಬಾಗಿಹೋಗುವುದನ್ನು" ಯಾವುದೂ ತಡೆಯಲಾರದು.

ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಿರುವ ನಿಬಂಧನೆಗಳು ಪಾಲಿತವಾಗಿದ್ದಾಗ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮತ್ತು ವಿವರ್ತನಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬಹುದು : ತರಂಗಾಂತರವು ಅಡಚಣೆಗಳ ಅಥವಾ ರಂಧ್ರಗಳ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು, ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ ಅದಕ್ಕೆ ಸರಿಸಮಾನವಾಗಿರಬೇಕು. 4ನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಈ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿ, ವ್ಯತಿಕರಣ ಮತ್ತು ವಿವರ್ತನ ಇವುಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ವಿವರವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಈಗ, ವಿಕಿರಣದ ಮೂಲವು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಕಾಣಬರುವ ತರಂಗಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುವೆವು. ಈ ಸಂಭವವು ತರಂಗಾತ್ಮಕ ಮಾದರಿಯ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಪರಿಣಾಮವೆಂಬುದನ್ನು ಕ್ರಿಸ್ಟಿಯನ್ ಜೋಹಾನ್ ಡಾಪ್ಲರ್ (1803–1853) ಎಂಬ ಆಸ್ಟ್ರಿಯದ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತಾತ್ವಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಆರಂಭ ದಿನಗಳಲ್ಲಿಯೇ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮ (Doppler effect) ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಇದರ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ನಾವು ಸಿದ್ಧಿಸಿ ತೋರಿಸುತ್ತೇವೆ; ಮುಂದಕ್ಕೆ ಇದು ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುವುದು. ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ನಿರೂಪಣೆಗೋಸ್ಕರ, ಒಂದು ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನವು ದಂಡುನಡಿಗೆಯಲ್ಲಿರುವ ಬ್ಯಾಂಡ್ ವಾದ್ಯಗಾರರ ತಂಡವನ್ನು ಸಂಧಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ. ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಚಾಲಕನ ಕಿವಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುವ ವಾಯುವಿನ ಆವರ್ತಕ ಸಂಪೀಡನೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದಾಗಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ $(c+u)/u$ ಅನುಪಾತದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ c ತರಂಗಗಳ ಪ್ರಸಾರ ವೇಗ ಮತ್ತು u ತರಂಗಗಳ ಮೂಲ ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ಸಲಕರಣೆ (ಈ ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿ ಚಾಲಕ) ಇವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧದ ವೇಗ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$\nu' = \nu \left(1 + \frac{u}{c}\right)$$

ಆಗುವುದು.

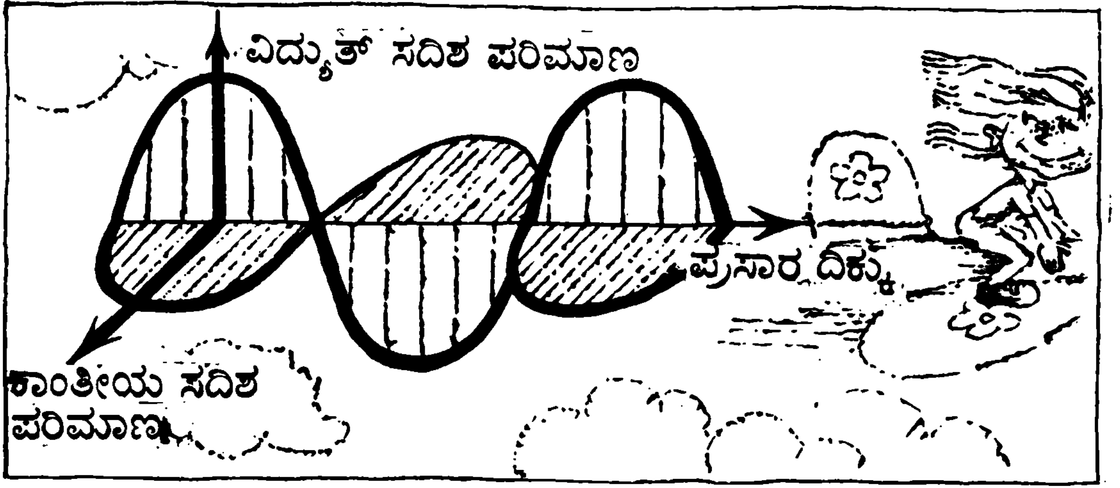
ಇದರಿಂದ ಕೇಳಿಸಿದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ν' ಎಂಬುದು ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನ ಮತ್ತು ಬ್ಯಾಂಡ್ ತಂಡ ಇವುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸಮೀಪಿಸುವಾಗ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು ($u>0$ ಆಗಿದ್ದಾಗ ಸ್ಥಾಯಿಯು ಅಧಿಕವುಟ್ಟದ್ದಾಗಿರುವುದು) ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಬಿಟ್ಟು ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು (ಸ್ಥಾಯಿಯು ತಗ್ಗುವುದು ಮತ್ತು $u<0$). ನಮ್ಮ ಕಥೆಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಮುಂದೆ ಸಾಗಿದರೆ, ದ್ಯುತಿ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಈ ತೀರ್ಮಾನವು ಹೀಗಿರುವುದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು : ದ್ಯುತಿ ಮೂಲವು ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತಿದ್ದರೆ ಒಂದು "ಕೆಂಪು ವಿಸ್ಥಾಪನೆ" (red shift) ಸಂಭವಿಸುವುದು. ದೂರದ ತಾರೆಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ವೀಕ್ಷಣೆಯನ್ನು ನಾವು ಚರ್ಚಿಸುವಾಗ ಈ ನಿರ್ಧಾರದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯ ಸ್ವಾರಸ್ಯವನ್ನು ವಾಚಕನು ಗ್ರಹಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಸರಣದ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಪ್ರಕರಣವು ಕಣಗಳ ಮೂಲಕ ಆಗಿರುವುದೇ ಅಥವಾ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲಕ ಆಗಿರುವುದೇ ಎಂಬ ಬಗ್ಗೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹಾಗೂ ತತ್ವಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬಹಳ ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದಿಂದ ಈ ಶತಮಾನದ ಮೂರನೆಯ ದಶಕದವರೆಗೆ ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಲೇ ಇದ್ದರು. ಯಾವುದೇ ವಿಧವಾದ ವಿಕಿರಣವು ಎರಡು ರೀತಿಯ ಮುಖಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಸೂಚಿಸಿದವು. ಎರಡು ಲಕ್ಷಣಗಳ ಸೂಕ್ತ ಸಂಯೋಜನೆ ಮಾತ್ರ ವಸ್ತು ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ತತ್ವದ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿದೆ. ತರಂಗ ಚಲಶಾಸ್ತ್ರ, ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಇವೆಲ್ಲಾ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಮತ್ತು ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ವರ್ಣಿಸುವ ಆಧುನಿಕ ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಯ ಸಮಾನಾರ್ಥವುಳ್ಳ ಹೆಸರುಗಳು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಎರಡು ಮುಖಗಳು

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವು ಕೆಲವು ಸಂಭವಗಳಲ್ಲಿ ತರಂಗಗಳಂತೆಯೂ, ಇತರ ಕೆಲವು ಸಂಭವಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುವುದು.

ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಿಯಮಗಳು "ತಪ್ಪು" ಪ್ರವರ್ತಿ



ಚಿತ್ರ 5.3

ಯುಳ್ಳವುಗಳಾಗಿರುವವು; ಅವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಚಿತ್ರಿಸುವವು.

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವಂತೆ, ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಒಂದು ಸಾಧನೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉದ್ದಗಳು ಮತ್ತು ತೀವ್ರತೆಗಳುಳ್ಳ ತರಂಗಗಳ ಮೊತ್ತವಾಗಿರುವುದೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಒಯ್ಯುವುದು. ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಾಗಿದ್ದರೆ, ವಿಕಿರಣವು ಒಂದು "ಏಕವರ್ಣೀಯ" (ಒಂದೇ ಬಣ್ಣದ) ತರಂಗವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವನ್ನು ಚಿತ್ರ 5.3ರಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಗಾಣಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮನಗಾಣುವುದಕ್ಕೆ ನಮ್ಮ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಕ್ಷಿತಿಜಾಕ್ಷವನ್ನು (axis of abscissas) ಅನುಸರಿಸಿ ಗಟ್ಟಿ ಕಾಯದಂತೆ ಎಳೆಯಬೇಕು.

ಈ ಚಿತ್ರವು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಒಂದು ಸಾಧನೆಯಾಗಿ ಲಭಿಸುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳೆಂದು ಹೇಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು

ಇದರಿಂದಲೇ. ಈ ಪದದ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಕ್ಕೂ, ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕಲ್ಲೊಂದನ್ನು ಹಾಕಿದಾಗ ಹೊರಕ್ಕೆ ಹರಡುವ ತರಂಗಕ್ಕೂ ಸಾದೃಶ್ಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವುದರಲ್ಲಿ, ನಾವು ಬಹಳ ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಮುಂದುವರಿಯ ಬೇಕು. ಚಿತ್ರರೂಪದ ನಿರೂಪಣೆಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿಯೇ ನಮ್ಮನ್ನು ತಪ್ಪುದಾರಿ ಗೆಳೆಯಬಹುದು. ನೀರಿನ ಮೇಲಿನ ಒಂದು ತರಂಗವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದ ಒಂದು ಮಾದರಿ ಮಾತ್ರ. ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳೂ ಮತ್ತು ನೀರಿನ ಮೇಲಿನ ತರಂಗಗಳೂ ಕೆಲವು ಅಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಒಂದೇ ವಿಧವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುವುವು.

ಆದರೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ಚಿತ್ರವೂ (5.3) ಮತ್ತು ಸಮುದ್ರದಲ್ಲಿ ಎಸೆದ ಒಂದು ಮರದ ತುಂಡನ್ನು ಪರ್ಯಾಯ ವಾಗಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತುತ್ತಲೂ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ನೀರಿನ ತರಂಗವೂ ಎರಡು ಬಟಾಣಿ ಬೀಜಗಳಂತೆ ಒಂದೇ ಸಮವಾಗಿರುವುವಲ್ಲವೇ ? ಹಾಗೇನೂ ಇಲ್ಲ ! ನಕ್ಷೆಯ ಮೂಲ ತತ್ವವನ್ನು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸಿ. ಲಂಬ ಅಕ್ಷವನ್ನನುಸರಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಲಾಗಿದೆ ವಿನಾ ಯಾವುದೋ ವಿಧದ ಅವಕಾಶದ ವಿಕ್ಷೇಪಗಳಲ್ಲ !

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯ ಲಂಬಾಕ್ಷವು (ordinate) ಒಂದು ವಿದ್ಯು ದಂಶವು ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅದು ಅನುಭವಿಸುವ ಬಲವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು. ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದ ಚಲನೆ ಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದೂ ತನ್ನ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಅತಿ ಮಂದಗತಿಯ ಕಂಪನ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದ ಮೌಲ್ಯದಲ್ಲಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಆಚರಣೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ.

ಆದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗ ಎಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯು ತಾತ್ವಿಕ ಸ್ವರೂಪದ್ದು ಮಾತ್ರ. ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು ಇರುವುದರ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಭರವಸೆಯಿಂದ ಮಾತಾಡುತ್ತೇವೆ, ಏಕೆಂದರೆ ನಾವು ರೇಡಿಯೋವನ್ನು

ಕೇಳುತ್ತೇವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವು ಒಂದು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದರಲ್ಲಿ ನಮಗೇನೂ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಸಾರ ಕೇಂದ್ರವನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವುದಕ್ಕೆ ನಮ್ಮ ರೇಡಿಯೋ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಉದ್ದದ ಭಾವವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು ಎಂದು ನಮಗೆ ಭರವಸೆ ಇದೆ. ನಾವು ತರಂಗ ವೇಗವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಿ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ, ತರಂಗಾಂತರ ಮತ್ತು ಪ್ರಸಾರ ವೇಗ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧವೇರ್ಪಡಿಸುವ $c = \nu\lambda$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ತರಂಗಾಂತರ ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಲ್ಲೆವೇ ಅಲ್ಲದೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಉದ್ದದ ಒಂದು ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ವಿವರ್ತನೆಯಿಂದ, ಅಂದರೆ, ಮೂಲೆಯ ಅಥವಾ ಅಡಚಣೆಯ ಸುತ್ತಲೂ ಬಾಗುವುದರಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಈ ಎರಡನೆಯ ವಿಧದ ಆಳತೆಯಲ್ಲಿನ ತತ್ವವು ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ತರಂಗಗಳಿಗಿರುವಂತೆಯೇ ಇರುವುದು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಕ್ಕೆ ದೃಷ್ಟಿಗೋಚರವಾಗಿರುವ ಕಲ್ಪನೆಯೊಂದನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಮಾಡಕೂಡದೆಂದು ವಾಚಕನಿಗೆ ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಡುವುದು ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ, ಏಕೆಂದರೆ ಈ ಅಂಕದ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿಯೇ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವು ತರಂಗಗಳನ್ನು "ಹೋಲು"ವುದಲ್ಲದೆ ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು "ನೆನಪಿಗೆ ತರುತ್ತದೆ". ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೂ ಮತ್ತು ತರಂಗವನ್ನೂ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹೋಲುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಪ್ರಯತ್ನವು ವಿವೇಕಶೂನ್ಯವಾದುದು. ಒಂದು ಕಪ್ಪು ಹಲಗೆಯ ಮೇಲೆ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದಿಂದ ರೂಪಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಂತಹ ಭೌತಿಕ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ಹೇಳುವಂತಿಲ್ಲ. ರೇಖೀಯವಾದ ಚಿತ್ರಗಳು ಒಂದು ಕಲಿಸುವ ಉಪಕರಣ, ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಜ್ಞಾಪಕದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲು ಒಂದು ಸಾಧನ ಮಾತ್ರ ಎಂಬುದನ್ನು ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿಟ್ಟಿರಬೇಕು. ಆದರೆ ತರಂಗ ಚಿತ್ರವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ

ವಿಕಿರಣದ ಒಂದು ಮಾದರಿ ಮಾತ್ರ, ಹೆಚ್ಚೇನೂ ಅಲ್ಲ, ಎಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯು ಕೂಡದು, ಎಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ತವೋ ಅಲ್ಲಿ ಈ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ ಯಾದರೂ ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಮಾದರಿಯು ತಪ್ಪಿಗೆ ಎಳೆಯುವುದಾದರೆ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನೂ ಇಲ್ಲ.

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಣಾತ್ಮಕ ರೂಪವು ಎಲ್ಲಾ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಣಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಎರಡು ರೂಪಗಳೂ ವ್ಯಕ್ತ ಪಡುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವ್ಯಾವರ್ತಕವಾಗಿದ್ದರೆ ಬಹಳ ಅನುಕೂಲವಾಗಿರು ತ್ತಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಹೀಗಿಲ್ಲವೇ ಇಲ್ಲ. ಒಂದೇ ಆದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ವರ್ಣಿಸು ವುದರಲ್ಲಿಯೂ, ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಎರಡು ಭಾಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದು ಅವಶ್ಯಕ ವಾಗುವುದು.

ಹಾಗಿದ್ದರೂ, ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ಕಣಾತ್ಮಕ ರೂಪವನ್ನು ಕಾಣುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿರುವುದು (ಹಿಂದೆ ಸುಲಭವಾಗಿದ್ದಿತು ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮ). ಅಯಾನೀ ಕರಣ ಮಂಡಲ (ionization chamber) ಮತ್ತು ಅಂಥದೇ ಇತರ ಉಪಕರಣ ಗಳಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ಕಣಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅಥವಾ ಇತರ "ಪ್ರಾಮಾಣಿಕ"ವಾದ ಕಣಗಳೊಡನೆ ಘರ್ಷಣೆಯಾಗುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಘರ್ಷಣೆಯು ಬಿಲಿಯರ್ಡ್ ಗುಂಡುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಹೋಲಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗಾತ್ಮಕ ರೂಪವನ್ನು ಮಾತ್ರವೇ ನಾವು ಬಳಸುವುದಾದರೆ ಇಂತಹ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ.

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಭಾಷೆಯನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ವಿದ್ಯುದಂಶ ಗಳ ಒಂದು ವ್ಯೂಹವು ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೊಡನೆ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಈ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಕ್ಷೇತ್ರದ ಆಂದೋಲನಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ v ಎಂಬುದನ್ನು

ಪ್ರಸಾರ ವೇಗದಿಂದ (300 000 ಕಿ.ಮೀ/ಸೆ.) ಭಾಗಿಸಿದರೆ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗಾಂತರವು ದೊರಕುವುದು.

ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಇದೇ ವಿದ್ಯಮಾನದೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವಾಗ, ಅದನ್ನು ಹೀಗೆ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗುವುದು. ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ತಂಡ ಒಂದರಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಒಂದು ವ್ಯೂಹವು ಇದೆ. ಯಾವುದೋ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ವ್ಯೂಹವು ಉತ್ತೇಜಿತ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲವಿರಲಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಒಂದು ಕೆಳಗಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟವನ್ನು ಸೇರಿತು. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ $E_2 - E_1 = h\nu$ ಅಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಕಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿತು. h ಎಂಬ ನಿಯತಾಂಕವು ನಮಗೆ ಆಗಲೇ ಪರಿಚಿತವಾಗಿದೆ (165ನೇ ಪುಟ ನೋಡಿ). ಅದು ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನ ನಿಯತಾಂಕ.

ವ್ಯೂಹದ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಬಹಳ ಒತ್ತಾಗಿದ್ದರೆ, ಫೋಟಾನು ಕಡಿಮೆಯಾದ ಶಕ್ತಿ, ತಗ್ಗಾದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಉದ್ದವಾದ ತರಂಗಾಂತರ ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಕಣಾತ್ಮಕ ರೂಪವು ಗಮನೀಯವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು (ಕಾಂತೀಯ ಅನುರಣನ) ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಲೀನತೆ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ತೋರಿ ಬರುವುದು.

ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತವು (ಇದು ಬಹಳ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ಮತ್ತು ಸಮಗ್ರ ಸತ್ಯ ಎಂದು ಭಾವಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತ್ತು) ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಎಲ್ಲಾ ವಿಷಯಗಳಿಗೂ ವಿವರಣೆ ನೀಡುವುದಕ್ಕೆ ಅಸಮರ್ಥವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳನ್ನು ಒತ್ತಾಯಪಡಿಸಿ ಅವರನ್ನು ಇಕ್ಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಿಕ್ಕಿಸಿದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿ ವಿವರಿಸುವೆವು. ಇಂತಹ ವಿಷಯಗಳು ಅನೇಕ ಇವೆ, ಆದರೆ ಈಗ ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ನಾವು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ ಎಂದು ಹೇಳುವ ವಿದ್ಯಮಾನಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಮಿತಿಗೊಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಕಣಾತ್ಮಕ

ರೂಪವನ್ನು ಬಳಸದೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಚಿತ್ರವನ್ನು ರಚಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ವಾಚಕನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡ ನಂತರ, ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪಕ್ಕೆಲ್ಲಾ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಅದ್ಭುತವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತರಂಗಾತ್ಮಕ ರೂಪವನ್ನು ಕೇವಲ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ಥೂಲ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೇ ಅಲ್ಲದೆ ಸವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ಅಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹೇಗೆ ನಿರೂಪಿಸಲಾಯಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಡುತ್ತೇವೆ.

ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ

ಮನೋಹರವೂ ನಾದಪೂರ್ಣವೂ ಆದ ಫೋಟಾನ್ ಎಂಬ ಪದವು ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನ ನಿಯತಾಂಕ h ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ν ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪಕಾಲದ ನಂತರ ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡಿತು. ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ವ್ಯೂಹದ ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ $h\nu$ ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಶಕ್ತಿ ಭಾಗದ ಲೀನತೆ ಅಥವಾ ವಿಸರ್ಜನೆ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಈ ಶತಮಾನದ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಈ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬಂದಾತನು ಜರ್ಮನಿಯ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಕಾರ್ಲ್ ಅರ್ನ್‌ಸ್ಟ್ ಲುಡ್ವಿಗ್ ಪ್ಲಾಂಕ್ (1858–1947). ಪ್ರಜ್ವಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದು ಇದೊಂದೇ ಮಾರ್ಗವೆಂದು ಆತನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಆತನ ವಾದ ಸರಣಿಯು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದೊಡನೆ ಏನೂ ಸಂಬಂಧವಿಲ್ಲದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉಂಟುಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಕುರಿತಿದ್ದುದು. ಬೆಳಕಿನ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಏನು ಯಥಾರ್ಥವಾಗಿದೆಯೋ ಅದು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳಿಗೂ ಸತ್ಯವಾದುದಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಆಗಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿರಲಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದಲೂ ಅಂಗೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರಲಿಲ್ಲ. ತತ್ವಶಃ, ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಇತರ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಿಗೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೂ ಇಲ್ಲವೆಂದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಿಯಮಗಳಿಂದ ಸಿದ್ಧಪಟ್ಟಿದ್ದರೂ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗಿದ್ದಿತು. ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನ ನಿರೂಪಣೆಯ ಅರ್ಥದ ಅರಿವೂ

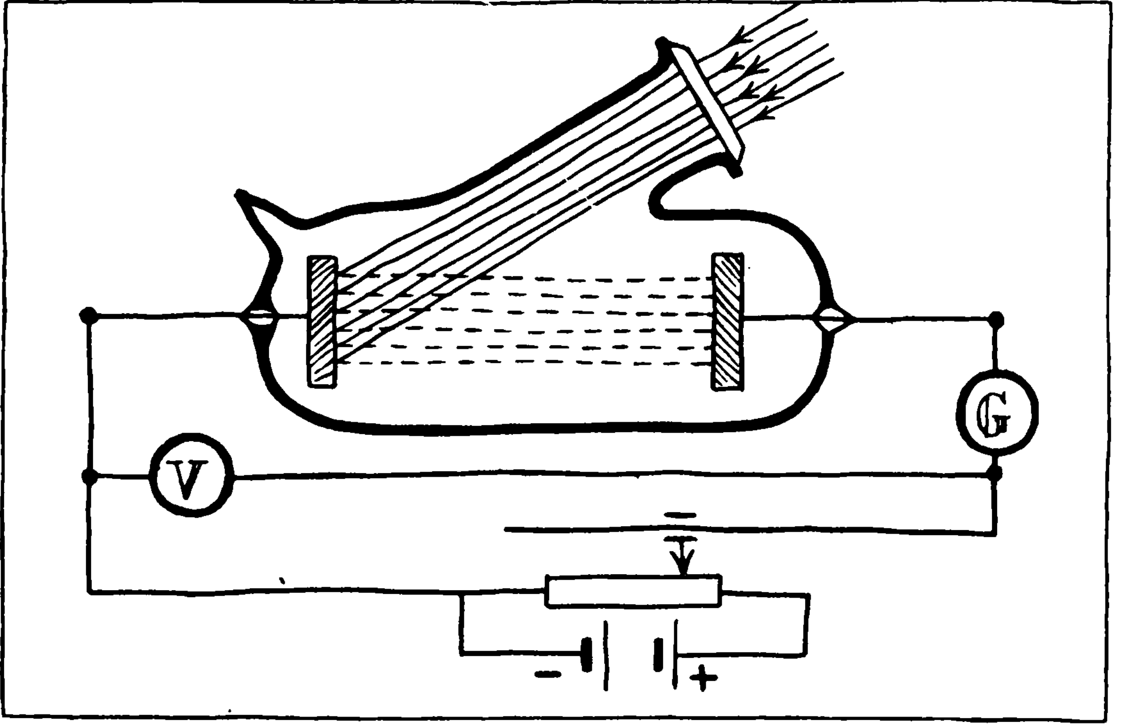
ಮತ್ತು ಅದರ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಪ್ರಮಾಣತೆಯ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಾಧನೆಯೂ ಆಮೇಲೆ ಬಂದವು.

ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವ ಭಾಗಗಳ, ಅಂದರೆ **ಮೊತ್ತಗಳ (ಶಕಲಗಳ,** quanta**)** ರೂಪದಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿಯ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧ ಪಟ್ಟಿದ್ದಿತು. ಆದಾಗ್ಯೂ ವಿಕಿರಣದ ಕ್ವಾಂಟೀಯ ಸ್ವಭಾವದಿಂದಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಣಾತ್ಮಕ ರೂಪವನ್ನು ಚರ್ಚೆಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಆತನ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಲಿಲ್ಲ. ಆಗ ಕ್ಷೇತ್ರವು ವಿಭಕ್ತ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಯಿತು, ಆದರೆ ಈ ಒಂದೊಂದು ಭಾಗವೂ ಒಂದು ತರಂಗ ಸಾಲು ಎಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು.

ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಭಾಗ $h\nu$ ಎಂಬುದು ಒಂದು ಕಣದ ಶಕ್ತಿ (ಇದಕ್ಕೆ ಕೂಡಲೇ ಫೋಟಾನ್ ಎಂದು ಹೆಸರು ಕೊಡಲಾಯಿತು) ಎಂಬ ವಿಷಯ ವನ್ನು ಮನಗಂಡು ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯ ಹೆಜ್ಜೆಯನ್ನಿಟ್ಟವನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್. **ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ** (ದ್ಯುತಿ ಕ್ರಿಯೆ) ಅಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಭಾವದಿಂದಾಗಿ ಘನ ಪದಾರ್ಥ ಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆಗೆ ಕಣಾತ್ಮಕ ಭಾವನೆಗಳು ಮಾತ್ರ ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆ ಕೊಡಬಲ್ಲವು ಎಂದು ಆತನು ತೋರಿಸಿದನು.

ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ **ಬಾಹ್ಯಸ್ಥ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ** (extrinsic photoelectric effect) ಎಂಬ ವಿದ್ಯಮಾನದ ವಿವರವಾದ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಬಳಸಲ್ಪಟ್ಟ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಸ್ಥೂಲರೂಪದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರ 5.4 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಒಂದು ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆಯ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಯಾವುದೋ ವಿಧದ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುವುದು ಎಂದು ಹೈನ್ರಿಕ್ ಹರ್ಟ್ಸ್ (1888ರಲ್ಲಿ) ವರದಿ ಮಾಡಿ ದನು. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಮೊದಲು ಗಮನಿಸಿದವನು ಆತನೇ. ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ನಿರತರಾಗಿದ್ದ ಸ್ವೀಡನ್ನಿನ ರಸಾಯನ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಸ್ವಾಂಟೆ ಆಗಸ್ಟ್ ಆರ್ಹೀನಿಯಸ್ (1859–1927), ಜರ್ಮನಿಯ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ವಿಲ್‌ಹೆಲ್ಮ್ ಲುಡ್ವಿಗ್ ಫ್ರಾಂಜ್ ಹಾಲ್ವಾಕ್ಸ್ (1859–1922), ಇಟಲಿಯ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ



ಚಿತ್ರ 5.4

ಆಗಸ್ಟೊ ರಿಘಿ (1850–1921) ಮತ್ತು ಪ್ರಮುಖ ರಷ್ಯನ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಗ್ರಿಗೋರಿಯೇವಿಚ್ ಸ್ಟೊಲಿತೋವ್ (1839–1896) ಇವರುಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಬಿದ್ದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಉಂಟಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರು. ಚಿತ್ರ 5.4ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ನಳಿಕೆಯ (ಇದಕ್ಕೆ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ ಎಂದು ಹೆಸರು) ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗ ವಿಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ ಬೆಳಕಿನ ಆಪಾತದ ಕಾರಣ ಋಣ ಧ್ರುವದಿಂದ ವಿಸರ್ಜಿತವಾಗುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಣ್ಣ ಭಾಗ ಮಾತ್ರ ವಿರುದ್ಧ ಧ್ರುವವನ್ನು ಸೇರುವುವು. ಒಂದು ದುರ್ಬಲವಾದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು (ಒಂದು ಋಣ ದ್ಯುತಿ ಋಣ ಧ್ರುವದೊಡನೆ) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ತನ್ನ ಸಂತೃಪ್ತಿ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು

ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ : ಎಲ್ಲಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ (ಇವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಸೂಚಿತವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿರುವುದು) ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವವನ್ನು ಸೇರುವುವು.

ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಮಾಣವು ದ್ಯುತಿಯ ತೀವ್ರತೆಗೆ ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ಸಮಾನುಪಾತವಾಗಿರುವುದು. ದ್ಯುತಿಯ ತೀವ್ರತೆಯು ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧಾರವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಕೂಡಲೇ ನಮಗೆ ತೋರುವುದು ಏನೆಂದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೂ ಒಂದು ಫೋಟಾನಿನಿಂದ ಹೊರದೂಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ (ಇದಕ್ಕೆ ಪರಿಶುದ್ಧವಾದ ಪರಿಕಲನೆಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೂ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆತಿದೆ).

ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಲೋಹದಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ವೇಗವನ್ನು ನೀಡುವುದಕ್ಕೂ ವೆಚ್ಚವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು 1905ರಲ್ಲಿ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಸಾಧಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣದ ಮೂಲಕ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. ಅದು ಹೀಗಿದೆ :

$$h\nu = \frac{mv^2}{2} + A$$

ಇದರಲ್ಲಿ A ಎಂಬುದು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಫಲನ (ಪುಟ 123 ನೋಡಿ).

ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಫಲನ, ಅಂದರೆ ಲೋಹದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಹೊರದೂಡಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕನಿಷ್ಠ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಇದರರ್ಥವೆಂದರೆ, ಫೋಟಾನಿಗೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಶಕ್ತಿಗೂ (ಶಕ್ತಿಯು ("chromaticity") ವರ್ಣಕತೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದು) ಅದರ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯ ಹೊಸ್ತಿಲ ಮೌಲ್ಯವಿರುವುದು.

ಬಾಹ್ಯಸ್ಥ ದ್ಯುತಿ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಪಟ್ಟಿರುವ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳನ್ನು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ವರ್ಧಕಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಟೆಲಿವಿಷನ್ನಿನಲ್ಲಿಯೂ (ದೂರದರ್ಶನದಲ್ಲಿಯೂ) ಮತ್ತು ಧ್ವನಿ ಚಲನ ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವನ್ನು ಅನಿಲದಿಂದ ತುಂಬಿ ಅದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮ

ಗ್ರಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು ಏಕೆಂದರೆ ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅನಿಲದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯವಾದ ಅಣು ಗಳನ್ನು ಒಡೆದು ಅವುಗಳನ್ನು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿಸುತ್ತವೆ.

ನಾವು ವರ್ಣಿಸಿರುವುದಲ್ಲದೆ, ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ *p–n* ಪದರದ ಎಲ್ಲೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ **ಆಂತರಿಕ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ** (internal photoelectric effect) ಎಂದು ಹೇಳುವ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯು ಆಧುನಿಕ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿದ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದು. ನಮ್ಮ ಚರ್ಚೆಯು ಮಧ್ಯೆ ಮುರಿಯದಿರುವ ಸಲುವಾಗಿ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯ ಉಪಯೋಗದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಮುಂದಕ್ಕೆ 4ನೆಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಹಾಕಲಾಗುವುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಕಣಾತ್ಮಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುವುದು ಎಂಬ ಅರಿವು ಅನಿವಾರ್ಯವೆಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಮಾತ್ರ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನ ವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದೆವು.

ಬಹಳ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ನಿರ್ಗತಿಕ ಬಲ ಮಕ್ಕಳಾಗಿದ್ದುವು. ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಸಮರ್ಥನೆಯೂ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯ ನಿಯಮಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯೂ ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಸ್ಥಾಪನೆಗೆ 20–30 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ನಡೆದಿದ್ದುವು. ಎರಡನೆಯ ದಶಕದ ಅಂತ್ಯದ ವೇಳೆಗೆ, ಈ ನಿಯಮಗಳು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರವೇ ಒಂದು ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಸೂತ್ರ ಮತ್ತು ಪುಟ 165ರಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿರುವ ಕಣಗಳ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗದ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕೊಡುವ ಸೂತ್ರ, ಈ ಎರಡರಲ್ಲಿಯೂ ಅದೇ ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಅಂಕ, ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನ ನಿಯತಾಂಕ h, ಏಕೆ ಕಾಣ ಬರುವುದು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಟ್ಟಿತು.

ಈ ನಿಯತಾಂಕದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ವಿಧವಿಧವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು. ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ, ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಕ್ರಿಯೆ (ಚದರಿಕೆಯಿಂದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಾಗುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ), ಕಣಗಳ ವಿನಾಶದಿಂದುಂಟಾಗುವ

ವಿಕಿರಣ ಮತ್ತು ಅನೇಕ ಇತರ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಒಂದೇ ಆದ ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ.

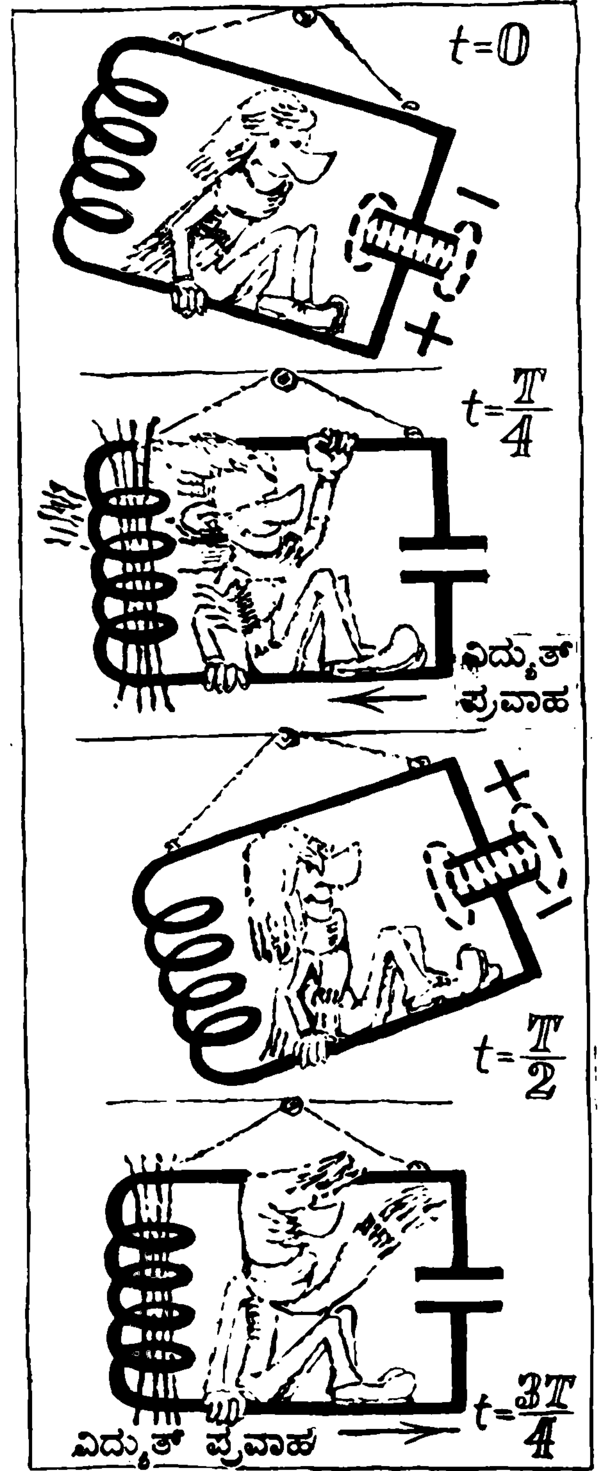
ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ತರಂಗಾತ್ಮಕ ರೂಪಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಊಹಾ ಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಲಾದ ರೀತಿಯನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರಗಳು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ನಿಯಮಗಳಿಂದ ಅನೇಕ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೊರತರುವುವು. ಈ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟವುಗಳಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ಸಮರ್ಥನೆ ಪಡೆಯದೆಯೋ ಇರಬಹುದು. ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಾಳೆ ನೋಡಿ ಸಮರ್ಥಿಸಲಾದ ಮೇಲೆಯೇ ಒಂದು ಭೌತಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ವಿಜ್ಞಾನದ ಭಾಗವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸ್ಥಾಪನೆ – ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾದ ವಿಷಯಗಳಿಂದ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಗೆ, ಊಹಾಪ್ರತಿಜ್ಞೆಯಿಂದ ಅದರ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೆ ಮತ್ತು ಕೊನೆಯ ಹಂತ, ನಿರ್ಧಾರಕವಾದ ಸಮರ್ಥನೆ ನೀಡುವ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗ – ಇವೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಇರುವ ಸರಿಯಾದ ವಿಧಾನ. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸತ್ಯಕ್ಕಿರುವ ಈ ಹೆದ್ದಾರಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನಿಯಮಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಬಹು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ರೂಪಿತವಾಗಿದೆ.

ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ನಾವು ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ವಿವರವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಶಾಲೆಗಳ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಸ್ಥೆಗಳ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಒಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳ ಸಪ್ರಮಾಣತೆಯಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ವಿಶ್ವಾಸ ಗಳಿಸುವನು ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಈಗಲೂ ಉಪಾಧ್ಯಾಯರು ಮತ್ತು ಉಪನ್ಯಾಸಕರು ಉಪಯೋಗಿಸುವರು.

ನಮ್ಮ ಕಥೆಯನ್ನು **1853**ರಲ್ಲಿ ಆರಂಭಿಸುತ್ತೇವೆ, ಆಗ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಲಾರ್ಡ್ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಎಂಬಾತನು ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರೇರಕತ್ವದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜಿಸಿದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋಲನಗಳು



ಚಿತ್ರ 5.5

ಸಂಭವಿಸುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಧಾನದಿಂದ ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ತಟ್ಟೆಗಳ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶ, ಪರಿಪಥದ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಇವೆಲ್ಲಾ ಸಾಂಗತಿಕ ಆಂದೋಲನಗಳ ನಿಯಮವನ್ನನುಸರಿಸಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತವೆ. ಪರಿಪಥದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರತಿರೋಧವು ಗಮನೀಯವಲ್ಲವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಈ ಆಂದೋಲನಗಳು ಎಂದೆಂದಿಗೂ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಲೇ ಇರುವುವು.

ಚಿತ್ರ 5.5ರಲ್ಲಿನ ಚಿತ್ರಗಳು ಒಂದು **ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥ**ದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ಕಾಲದ ಆರಂಭದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಕೆಪಾಸಿಟರು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತವಾಗುವುದು. ಪರಿಪಥವು ಪೂರ್ತಿಯಾದ ಕೂಡಲೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವುದು. ಆವರ್ತ ಕಾಲದ ಕಾಲು ಭಾಗವಾದ ಮೇಲೆ, ಕೆಪಾಸಿಟರು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜಿತವಾಗಿದೆ. $q^2/2C$ ಆದ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯು ಸುರುಳಿಯ (ಕುಂಡಲಿನಿಯ) ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತ ವಾಗಿದೆ. ಈ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪರಮಾವಧಿ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರು ವುದು. ಇದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು. ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಕಾಲದ ನಂತರ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುವುದು, ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿ $LI^2/2$ ಕಣ್ಮರೆಯಾಗುವುದು, ಕೆಪಾ ಸಿಟರು ಪುನಃ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಅದರ ಶಕ್ತಿ ಯನ್ನು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಪಡೆದಿರುವುದು. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಚಿಹ್ನೆಯು ಈಗ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಆಗ ಇದೇ ಕ್ರಮವು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಯಾಗು ವುದು. ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕಾಲ T ಆದಮೇಲೆ (ಇದು ಆಂದೋಲನದ ಆವರ್ತ ಕಾಲ) ಎಲ್ಲವೂ ಆರಂಭ ಸ್ಥಿತಿಗೇ ಹಿಂತಿರುಗುವುದು ಮತ್ತು ಇದೇ ಅನುಕ್ರಮವು ಪುನಃ ಆರಂಭಿಸುವುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ತಪ್ಪದೆ ಏರ್ಪಡುವ ಪ್ರತಿರೋಧವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆಂದೋಲನಗಳು ಅನಂತವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿದ್ದವು. ಪ್ರತಿರೋಧದಿಂದಾಗಿ ಪ್ರತಿ ಆವರ್ತ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೂ ಶಕ್ತಿಯು ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ

ಆಂದೋಲನಗಳು ವೈಶಾಲ್ಯದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಶೀಘ್ರ ದಲ್ಲಿಯೇ ನಂದುವುವು.

ಒಂದು ಸ್ಪ್ರಿಂಗಿನಿಂದ ತೂಗುಹಾಕಿರುವ ಭಾರದೊಡನೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಇರುವ ಸಾಮ್ಯದಿಂದಾಗಿ, ಈ ಕಾರ್ಯಗತಿಯ ಬೀಜಗಣಿತಾತ್ಮಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಇಂತಹ ಪರಿಪಥದ ಆಂದೋಲನಗಳ ಆವರ್ತ ಕಾಲವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು. (ಪುಸ್ತಕ 1ರಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪುಟಗಳನ್ನು ವಾಚಕನು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು). ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಸಂಕುಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಸ್ಪ್ರಿಂಗಿನ ಸ್ಥಿತಿಜ ಶಕ್ತಿಗೂ ಮತ್ತು ಕುಂಡಲಿ ನಿಯ ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಯು ಭಾರದ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗೂ ಸಮಾನವಾಗಿರುವುವು ಎಂಬುದು ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು.

ಹೋಲಿಕೆ ಹೊಂದಿರುವ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಜೊತೆಗೂಡಿಸಿ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಆಂದೋಲನಗಳ ಆವರ್ತ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಈ ಮುಂದಿನ ಸೂತ್ರವನ್ನು "ಸಾಧಿಸ"ಬಹುದು : $q^2/2C$ ಯು $kx^2/2$ ಗೂ, $LI^2/2$ ಯು $mv^2/2$ ಗೂ, k ಯು $1/C$ ಗೂ ಮತ್ತು L ಎಂಬುದು m ಗೂ ಅನುರೂಪವಾಗಿರುವುವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಆಂದೋಲಸಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು $\nu = 1/2\pi\sqrt{LC}$ ಆಗುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಸರಿಸಮನಾದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಆಂದೋಲನಗಳ ಸೂತ್ರವು

$$.\ \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

ಆಗಿರುವುದು.

300 000 ಕಿ.ಮೀ/ಸೆ. ವೇಗದೊಡನೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು ಇವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಿಂದ ಹೊರಹೋಗದೆಯೇ ದೃಢ ಪಡಿಸಬೇಕೆಂಬ ಉದ್ದೇಶ ಹೊಂದಿದ್ದ ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಆಲೋಚನಾ ಸರಣಿಯನ್ನು ಊಹಿಸಲು ಈಗ ಪ್ರಯತ್ನಿಸೋಣ. ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕೆ, ಸುಮಾರು 10 ಮೀ. ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವುದು. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಹೇಳಿದ್ದು ಸರಿಯಾಗಿದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಸದಿಶ

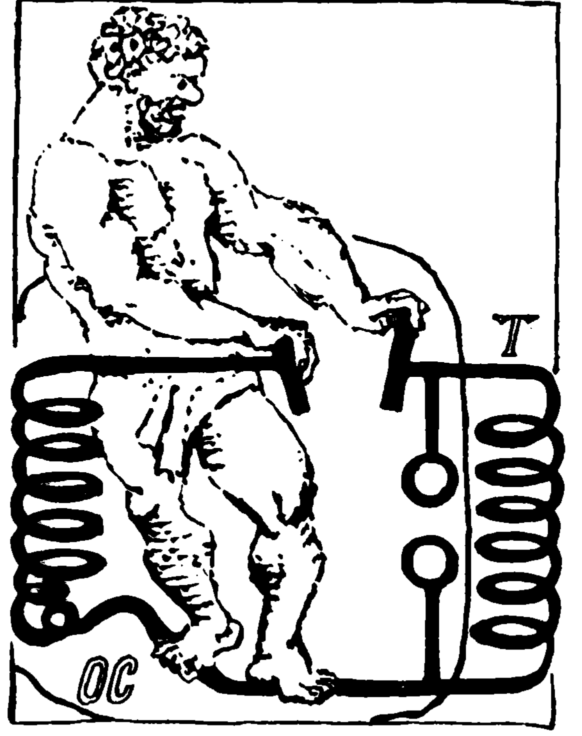


ಹೈನ್ರಿಕ್ ರುಡಾಲ್ಫ್ ಹರ್ಟ್ಸ್ (1857–1894) — ಮಹಾ ಬುದ್ಧಿಶಾಲಿಯಾದ ಜರ್ಮನ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ; ತನ್ನ "ಆಂದೋಲಕ" ಮತ್ತು "ಅನುನಾದಕ"ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಆಂದೋಲನವಾಗುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ →

ಪರಿಮಾಣಗಳು 3×10^8 ಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೊಡನೆ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡಬೇಕು; ಕ್ಷಮಿಸಿ, ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿನ ಆವರ್ತಗಳು. ಆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಏಕಮಾನವಾಗಿ ತನ್ನ ಹೆಸರು ಚಿರಸ್ಮರಣೀಯವಾಗುವುದೆಂದು ಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗೆ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ.

"ಎಲ್ಲಿಂದ ಆರಂಭಿಸಲಿ ?" ಎಂದು ಆತ ಪ್ರಾಯಶಃ ತನ್ನನ್ನು ತಾನೆ ಪ್ರಶ್ನಿಸಿ ಕೊಂಡಿದ್ದಿರಬಹುದು. ಮೊದಲಿಗೆ, ಆಂದೋಲನಗಳು ಮಂದಗೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ನಿಂತಾಗ ಕಾರ್ಯಗತಿಯು ಪುನಃ ಆರಂಭಮಾಡುವ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಇದು ಏನೂ ಕಷ್ಟವಾದ ಕಾರ್ಯ ಭಾರವಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಪರಿಪಥವನ್ನು ಚಿತ್ರ 5.6ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಪರಿವರ್ತಕ T ಯ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಸುರುಳಿಗೆ ಅಡ್ಡವಾಗಿ ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿದೆ. ಅದು ಎರಡನೆಯ ಸುರುಳಿಗೆ ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಲೋಹದ ಗೋಳಗಳ ನಡುವಣ ಭಂಗ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದೊಡನೆಯೇ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕಿಡಿಯು ಉಪಕ್ರಮವಾಗುವುದು. ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥ OC ಯನ್ನು ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿಯು ಒಂದು ಸ್ವಿಚ್ ಕೀಲಿಕೈಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತ ಪೂರ್ತಿಮಾಡುವುದು ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಿರುವ ವೈಶಾಲ್ಯವುಳ್ಳವೂ, ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳವೂ ಆದ ಅನೇಕ ಆಂದೋಲನಗಳು ಪರಿಪಥದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವುವು.

→ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟನು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲನ ಮಾಡಬಹುದು, ವಕ್ರೀಕರಿಸ ಬಹುದು ಮತ್ತು ಅವು ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿ, ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಿದನು. ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಕ್ಕೆ ಆಧಾರಭೂತವಾಯಿತು. 1895ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲನೆಯ ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸರಣ ದಲ್ಲಿ, ರೇಡಿಯೋವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಸ್ಟೆಪನೋವಿಚ್ ಪೋಪೊವ್. ಎರಡು ಪದಗಳನ್ನು ಸಾಗಗೊಡಿಸಿದನು : "ಹೈನ್ರಿಕ್ ಹರ್ಟ್ಸ್".



ಚಿತ್ರ 5.6

ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬೇಕಾಗುವುದು. ಇದನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಏನು ಮಾಡಬೇಕು ? ಸ್ವಪ್ರೇರಕತ್ವವನ್ನೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯ ನಾಂಕವನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಹೇಗೆ ? ಸುರುಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಸರಳ ತಂತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಫಲಕಗಳನ್ನು ದೂರ ದೂರ ಮಾಡಿ ಅವುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದು. ಆಗ ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥವು ಯಾವ ರೂಪಕ್ಕಿಳಿಯುವುದು ? ಅದು ಲೋಹದ ಗೋಳಗಳೊಡನೆ ಕೊನೆಗೊಳ್ಳುವ ಎರಡು ಸರಳ ಕಂಬಿಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ–ಕಿಡಿಗಳು ಗುಂಡುಗಳ ನಡುವೆ ನೆಗೆಯುವುವು.

ಹೀಗೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಉತ್ಪಾದಕದಂತೆಯೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಸಂಸೂಚಕದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸಬಲ್ಲ ಆಂದೋಲಕದ ಕಲ್ಪನೆಯು ಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗೆ ಹೊಳೆಯಿತು.

ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಏನೂ ಉಳಿಯದಿದ್ದ ಈ ಅಸಾಮಾನ್ಯವಾದ "ಪರಿಪಥ"ದ ಪ್ರೇರಕತ್ವ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕಗಳನ್ನು ಮುಂಗಡವಾಗಿಯೇ ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು ಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗೆ ಕಷ್ಟವಾಯಿತು. ಆಂದೋಲಕದ ಪ್ರೇರಕತ್ವವೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕವೂ ಪರಿಪಥದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ, ಕಂಬಿಗಳ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬೇರೆ ಒಂದು ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಯು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವುದು.

ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಈ ಹೊಸ ಮಾರ್ಗದ ಚರ್ಚೆಯು ನಮ್ಮ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವನ್ನು ಅಗಲಿ ನಮ್ಮನ್ನು ಬಹುದೂರ ಒಯ್ಯುತ್ತದೆ. ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಆಂದೋಲಕದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಆಂದೋಲನಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿಯೂ ಸಂಭವಿಸುವುವು ಎಂಬುದಾಗಿ ನಾವು ಹೇಳುವುದನ್ನೂ ವಾಚಕನು ನಂಬಬಹುದು.

ಹರ್ಟ್ಸ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ತರಂಗಗಳ "ಪ್ರೇಷಕ" ಮತ್ತು "ಗ್ರಾಹಕ" ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದವು. "ಪ್ರೇಷಕ"ದಲ್ಲಿ ತರಂಗಗಳು ಗೋಳಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಆಂದೋಲಕಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಮಾಡುವ ಪರಿವರ್ತಕದ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನನುಸರಿಸಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಯಾಗಿ ಹಾರುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿಗಳಿಂದ ಉಂಟಾದವು. ಕಿಡಿಗಳ ಅಂತರವನ್ನು (spark gap) ಸೂಕ್ಷ್ಮಮಾಪಿ ತಿರುಪು ಒಂದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿಯಂತ್ರಿಸಬಹುದಾಗಿದ್ದಿತು. ಗ್ರಾಹಕ ಅಥವಾ ಸಂಸೂಚಕದಂತೆ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಒದಗಿದ್ದುದು ಒಂದು ಕಿಡಿ ಅಂತರದಿಂದ ಛೇದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಆಯಾಕಾರದ ತಂತಿಯ ಸುತ್ತು ಅಥವಾ ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿನ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದ ಅಂತರವಿರುವ ಹಾಗೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸಬಹುದಾದ ಎರಡು ಸಣ್ಣ ಕಂಬಿಗಳು.

1885ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾದ ತನ್ನ ಮೊದಲನೆಯ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಹರ್ಟ್ಸ್ ಮೇಲೆ ವರ್ಣಿಸಿರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನುಂಟು ಮಾಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಈ ಆಂದೋಲನಗಳು ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ಈ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಇರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು "ಗ್ರಾಹಕ"ದಲ್ಲಿನ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ನೆಗೆಯು ತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿಗಳು ಸಮರ್ಥಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಆತನು ಬರೆದನು. ಗ್ರಹಿಸುವ ಈ ಆಂದೋಲಕವನ್ನು "ಅನುನಾದಕ" (resonator) ಎಂದು ಹರ್ಟ್ಸ್ ಕರೆದನು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವುದರ ತತ್ವವನ್ನು ಆತನು ಕೂಡಲೇ ಮನದಟ್ಟು ಮಾಡಿಕೊಂಡನು. ಈ ತತ್ವವು ಆಧುನಿಕ ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಕ್ಕೆಲ್ಲಾ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿದೆ.

ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ ನಾವು ಇದನ್ನು ಗಮನಿಸಬಹುದು : ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಲೇಖನ ಗಳಲ್ಲಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಅದರಿಂದೀಚಿನ ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾದ ಇತರ ಲೇಖನ ಗಳಲ್ಲಾಗಲಿ "ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು" ಅಥವಾ "ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗ ಗಳು" ಎಂಬ ಪದಗಳು ಕಾಣಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಅವು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ತರಂಗಗಳು ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಗತಿಕ ಬಲದ ತರಂಗದ ವಿಚಾರವಾಗಿಯೇ ಹೇಳುವುವು.

ಮುಂದಿನ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಹರ್ಟ್ಸ್ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದ್ದುದು ಏನೆಂದರೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ವೆಲ್‌ನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಮಾಧ್ಯಮವು (ರಂಜಕದ ಅಥವಾ ಪ್ಯಾರಫಿನ್ನಿನ ಒಂದು ಕಂಬಿ) ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಖನವು ಕೈಸೇರಿ ದಾಗ, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪತ್ರಿಕೆಯ ಸಂಪಾದಕನಾಗಿದ್ದ ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಸ್ "ನಿನ್ನ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯು ಬಂದು ಸೇರಿದೆ. ಭೇಷ್ ! ಅದನ್ನು ನಾನು ಗುರುವಾರ ಮುದ್ರಣಾ ಲಯಕ್ಕೆ ಕಳುಹಿಸುತ್ತೇನೆ" ಎಂಬ ಸಂದೇಶವಿರುವ ಒಂದು ಅಂಚೆ ಕಾರ್ಡನ್ನು ಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದನು.

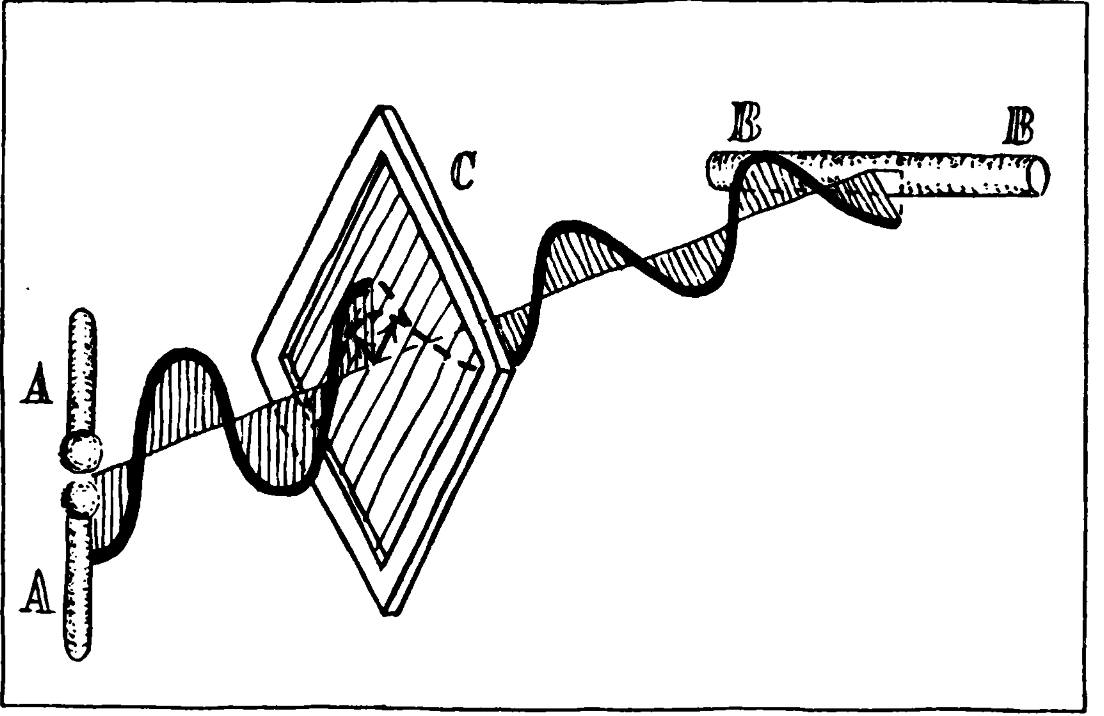
ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು ಎಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟ ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಲೇಖನವು ಅವನ ಕಾಲದ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮೇಲೆ ಮಹತ್ತರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿತು. 4 × 2 ಮೀ. ಆಕಾರದ ಒಂದು ಜಿಂಕ್ ತೆರೆಯಿಂದ ತರಂಗಗಳು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು. ಆಂದೋಲಕವು ತೆರೆಯಿಂದ 13 ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ನೆಲದಿಂದ 2.5 ಮೀ. ಎತ್ತರ ದಲ್ಲಿಯೂ ಇದ್ದಿತು. ಸಮಸ್ವರಿತಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ (tuned) ಅನುನಾದಕವನ್ನು ಅದೇ

ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲಾಗಿತ್ತು, ಮತ್ತು ಆಂದೋಲಕಕ್ಕೂ ತೆರೆಗೂ ನಡುವೆ ಕದಲಿಸಬಹುದಾಗಿದ್ದಿತು. ತೆರೆಯಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಅನುನಾದಕ ವನ್ನಿಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿಗಳ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಅಚಲ ತರಂಗಗಳನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವ ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ಲಕ್ಷಣವಾದ ಉಚ್ಚತಮ (maximum) ಮತ್ತು ನಿಮ್ನತಮಗಳಿರುವುದನ್ನು (minimum) ಹರ್ಟ್ಸ್ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿದನು. ತರಂಗಾಂತರವು ಸುಮಾರು 9.6 ಮೀ. ಇರುವುದಾಗಿ ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ಆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಯಾವ ಪದಾರ್ಥವು ಕನ್ನಡಿಯ ಹಾಗೆ ಬೆಳಕಿಗೆ ಒದಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಯಾರೂ ಹೇಳಲಾಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಬಯಸುತ್ತೇನೆ. ಇಷ್ಟು ಉದ್ದದ ತರಂಗಗಳು ಲೋಹಗಳ ಒಳಕ್ಕೆ ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಅದರಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವುವು ಎಂದು ಈಗ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ.

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ನ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಹರ್ಟ್ಸ್ ತನ್ನ ಉಪಕರಣದ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು 60 ಸೆಂ.ಮೀ. ತರಂಗಾಂತರ ದೊರಕುವವರೆಗಿನಷ್ಟಕ್ಕೆ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದನು. 1888ರಲ್ಲಿ "**ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಬಲದ ಕಿರಣಜಾಲಗಳು**" ("On the Beams of Electric Force") ಎಂಬ ಲೇಖನವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಪರವಲಯಾಕೃತಿಯ ಕನ್ನಡಿಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸುವುದು ಅವನಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಆಂದೋಲಕದ ಮತ್ತು ಅನುನಾದಕದ ದಂಡಗಳನ್ನು ಕನ್ನಡಿಗಳ ನಾಭಿ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಕನ್ನಡಿ ರೂಪದ ಪ್ರೇಷಕ ಮತ್ತು ಗ್ರಾಹಕಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು ಲೋಹಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಮರದ ತೆರೆಗಳು ಅವುಗಳನ್ನು ತಡೆಯುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹರ್ಟ್ಸ್ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಧ್ರುವೀಕರಣವನ್ನು ಹರ್ಟ್ಸ್ ಹೇಗೆ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದನು ಎಂಬುದನ್ನು ಚಿತ್ರ 5.7ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಗಳ *C* ರೇಖಾಫಲಕವನ್ನು *AA* ಎಂಬ ಆಂದೋಲಕ



ಚಿತ್ರ 5.7

ದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕಿರಣಜಾಲದ ಪಥದಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಿದನು. ರೇಖಾಫಲಕವನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿದರೆ *BB* ಅನುನಾದಕದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿಯ ತೀವ್ರತೆಯು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಹರ್ಟ್ಸ್ ತೋರಿಸಿದನು. ರೇಖಾ ಫಲಕದ ತಂತಿಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಸದಿಶ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿಯೂ, ಆಂದೋಲಕಗಳ ಅಕ್ಷಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿಯೂ ಇರುವಾಗ, ಕಿರಣಜಾಲವು ರೇಖಾ ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗಲಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವು "ಅಡ್ಡ ಅಲೆ"ಯ ಗುಣ ಹೊಂದಿರುವುದು ಸಿದ್ಧಪಟ್ಟಿತು.

ಕೊನೆಗೆ, ತರಂಗಗಳ ವಕ್ರೀಕರಣವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಕಲ್ಲರಗಿನ ಸಂಯುಕ್ತ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಒಂದು ಟನ್‌ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಭಾರವಿರುವ ಒಂದು ಪ್ರಿಸಮ್ (prism) ಅನ್ನು ಹರ್ಟ್ಸ್ ತಯಾರಿಸಿದನು. 60 ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಕಲ್ಲರಗಿನ ವಕ್ರೀಕರಣ ಸೂಚ್ಯಾಂಕವನ್ನು ಬಹು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಅಳತೆ

ಮಾಡಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಅದು 1.69ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಸಮರ್ಥನೆ, ಅವುಗಳ ಉದ್ದದ ಅಳತೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನ, ವಕ್ರೀಕರಣ ಮತ್ತು ಧ್ರುವಣ ಇವುಗಳ ನಿಯಮಗಳ ಸ್ಥಾಪನೆ ಈ ವಿಷಯಗಳೆಲ್ಲಾ ಕೇವಲ ಮೂರು ವರ್ಷಗಳ ಸಂಶೋಧನೆ ಗಳು ! ಈ ಶ್ರಮ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಶ್ಲಾಘನೀಯವೇ !

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ವರ್ಗೀಕರಣ

ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬಹಳ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದೊಡನೆ ವ್ಯವಹರಿಸುವರು. ಪೌರ ಮುಖ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಸರಬರಾಯಿಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವು ಅತ್ಯಂತ ಅಲ್ಪ ವಾಗಿರುವುದು. ವ್ಯವಹಾರದಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು ಅನೇಕ ಕಿಲೊಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಂದ, ಅಂದರೆ ನೂರಾರು ಕಿಲೋಮೀಟರುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಂದ ಆರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಸಣ್ಣ ದಾದ ತರಂಗಗಳು ಒಂದು ಮೈಕ್ರಾನಿನ ಹತ್ತು ಸಾವಿರದ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಉದ್ದ ವನ್ನು, ಅಂದರೆ ನೂರು ಕೋಟಿ ಗೀಗಾಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗಳ (gigahertz) ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಉಂಟು ಮಾಡಿದ, ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಆಂದೋಲನಗಳಿಂದುಂಟಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯೊಳಗೆ ಇರುತ್ತವೆ. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಚಿಕ್ಕದಾದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿನಲ್ಲಿನ ನೂರರಲ್ಲಿ ಹಲವು ಭಾಗ ಗಳಷ್ಟರ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ.

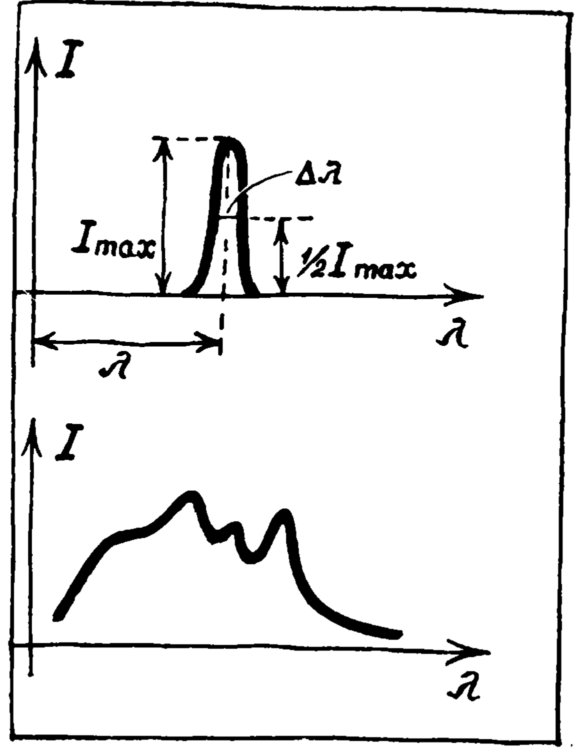
ಅಣುಗಳು, ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳು ಇವುಗಳ ಒಳಗಿನ ಶಕ್ತಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಂದಾಗುವ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗಾಂತರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು, ನೂರಾರು ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮೈಕ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ಆರಂಭವಾಗು

ವುದು. ಈ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯೂ ರೇಡಿಯೋ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯೂ ತಕ್ಕಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ವ್ಯಾಪಿಸಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವ ಬೆಳಕು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಅಗಲದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು. ಅದರ ಮಿತಿಗಳು 0.38 ರಿಂದ 0.74 ಮೈಕ್ರಾನ್. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಉದ್ದವಾದ ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಲಾಗದ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ **ರಕ್ತಾತೀತ** (infrared) ಎಂದು ಹೆಸರು; ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಉದ್ದದ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ **ನೀಲಾತೀತ** (ultraviolet) ಎಂದು ಹೆಸರು ಮತ್ತು ಇದು ಸುಮಾರು 0.1 ಮೈಕ್ರಾನ್ ತರಂಗಾಂತರದವರೆಗೂ ವ್ಯಾಪಿಸಿರುವುದು.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ನಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣವು ನೀಲಾತೀತ ತರಂಗಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಮತ್ತು 0.01 ಮೈಕ್ರಾನ್ ತರಂಗಾಂತರದವರೆಗೂ ವ್ಯಾಪಿಸಿ ಅಲ್ಲಿ ಗ್ಯಾಮಾಕಿರಣ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಕೂಡುತ್ತದೆ. **ಗ್ಯಾಮಾ ಕಿರಣಗಳು** ಪರಮಾಣು ಬೀಜ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಮೂಲಭೂತ ಕಣಗಳ ಆಘಾತಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ.

ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣವೆಂದರೆ ಅದರ ವರ್ಣಪಟಲ. **ವರ್ಣಪಟಲ** ಎನ್ನುವುದು ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು (ಅಂದರೆ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿನ ಶಕ್ತಿ) ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ತರಂಗಾಂತರ ಅಥವಾ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕ್ಷಿತಜ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ಗುರುತು ಮಾಡಿ ಸ್ಥಾನ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಒಂದು ರೇಖಾಚಿತ್ರ. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ರೂಪದ ವರ್ಣಪಟಲವು **ಏಕವರ್ಣೀಯ** (ಒಂದೇ ಬಣ್ಣದ) **ವಿಕಿರಣದ** ವರ್ಣಪಟಲ. ಅದರ ರೇಖಾಚಿತ್ರವು ಅಗಲ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದೆ (ಚಿತ್ರ 5.8). ಈ ರೇಖೆಯ ಏಕವರ್ಣೀಯತೆಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು $\lambda/\triangle\lambda$ ಎಂಬ ಅನುಪಾತ ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವಾರ್ತಾ ಪ್ರಸರಣ ನಿಲಯವು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಶುದ್ಧವಾದ ಏಕವರ್ಣೀಯ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, 30 ಮೀ. ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಡೆಸುವ ಒಂದು ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗ ನಿಲಯಕ್ಕೆ $\lambda/\triangle\lambda$ ಸುಮಾರು 1000ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.



ಚಿತ್ರ 5.8

ಉತ್ತೇಜಿತ ಪರಮಾಣುಗಳು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಹಗಲು ಬೆಳಕಿನ ದೀಪಗಳಲ್ಲಿನ ಅನಿಲಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು (ಇಲ್ಲಿ ಉತ್ತೇಜನೆಯು ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವಗಳ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಋಣ ಮತ್ತು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಕಣಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಆಗಿರುವುದು) $100\,000^{-1}$ ಅಷ್ಟರ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಅಗಲವುಳ್ಳ ಏಕ ವರ್ಣೀಯ ಸರಳರೇಖೆಗಳ ಬಹುಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದು ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡುವುವು. 10^{-7} ಅಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಅಗಲವುಳ್ಳ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಂತೀಯ ಅನುರಣನದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ.

ಸರಿಯಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ, ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು ಇರುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಹಾಗಾದರೂ, ರೇಖೆಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಸೇರಿದರೆ, ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದ ಕೆಳಗಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ತೀವ್ರತೆಯ ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಲಭಿಸುವುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲದ ವಿಷಯವಾಗಿ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ವಿಕಿರಣದ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಲೀನತೆಯ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದಾಗಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳೂ ನೀಡುವ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ಇದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಧಾನ ನಿಯಮದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡುವುದು. ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ, ವ್ಯೂಹದ ಸಂಕ್ರಮಣವು ಶಕ್ತಿಯ ಮೇಲ್ಮಟ್ಟದಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಏರ್ಪಡುವುದು; ಲೀನತೆಯಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮೇಲ್ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ. ವಿಕಿರಣದ ಅಥವಾ ಲೀನತೆಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ಶಕ್ತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದು. ವಿಕಿರಣದ್ದೋ ಅಥವಾ ಲೀನತೆಯದ್ದೋ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವುದು ನಮ್ಮ ಅನುಕೂಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿಷಯ.

ವಿಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲದ ನಿರೂಪಣೆ ಕೊಡುವಾಗ ನಾವು ತರಂಗಾತ್ಮಕ ಪರಿಭಾಷೆಯನ್ನಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕಣಾತ್ಮಕ ಪರಿಭಾಷೆಯನ್ನಾಗಲಿ ಬಳಸಬಹುದು. ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗಾತ್ಮಕ ರೂಪವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ತೀವ್ರತೆಯು ತರಂಗದ ಚಲನ ವೈಶಾಲ್ಯದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಅನುಲೋಮವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ವಿಕಿರಣವು ಕಣಗಳ ಒಂದು ಪ್ರವಾಹವೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಎಂದು ಎಣಿಸಬೇಕು.

ವಿಕಿರಣದ ಎರಡು ರೂಪಗಳನ್ನೂ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಅನ್ವಯಿಸುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ನಾವು ಗೊಂದಲಕ್ಕೊಳಗಾಗಬಾರದೆಂದು ಪುನಃ ಒತ್ತಿ ಹೇಳಬೇಕಾಗಿದೆ. ವಿಕಿರಣವು ತರಂಗಗಳನ್ನೂ ಹೋಲುವುದಿಲ್ಲ, ಕಣಗಳ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೂ ಹೋಲುವುದಿಲ್ಲ. ಎರಡು ಭಾವನೆಗಳೂ (ಕಲ್ಪನೆಗಳೂ) ವಿವಿಧ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದಕ್ಕೆ ಬಳಸಲು ಅನುಕೂಲವಾಗಿರುವ ಮಾದರಿಗಳು ಮಾತ್ರ.

ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಅಳತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಅದರ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗಳ ಹೆಸರುಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸ್ವೇಚ್ಛಾನುಸಾರಿಯಾದುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಅದು ಹೇಗೇ ಇರಲಿ, ಒಂದೇ ಉದ್ದವಿರುವ ತರಂಗಗಳಿಗೆ, ಅವು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪನ್ನ

ವಾದವು ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಹೆಸರು ಕೊಡುವ ಸಂದರ್ಭಗಳನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಈಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಪರಿಮಾಣ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿರುವುದು. ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪಡೆಯದೆ ಇರುವ ಯಾವ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗಳೂ ಇಲ್ಲ.

ಆದರೆ ರಕ್ತಾತೀತ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು, ಗ್ಯಾಮಾ ಮತ್ತು ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು, ಮುಂತಾದವುಗಳು ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದಾಗಿರುವುದನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ಹಿಂದೆ ತಾನೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಬಹಳ ಕಾಲದವರೆಗೂ ಹ್ರಸ್ವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ರಕ್ತಾತೀತ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೂ ನಡುವೆ ಒಂದು ತೆರವು ಇದ್ದಿತು. 6 ಮಿ.ಮಿ. ಉದ್ದದ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾದ ರಷ್ಯನ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಪಿಯೋಟರ್ ನಿಕೊಲಾಯೆವಿಚ್ ಲೆಬೆದೆವ್ (1866–1912) ಎಂಬಾತನು ಉಂಟುಮಾಡಿದನು ಮತ್ತು 0.34 ಮಿ.ಮಿ. ಉದ್ದದ ಉಷ್ಣದ (ರಕ್ತಾತೀತ) ತರಂಗಗಳನ್ನು ಜರ್ಮನ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಹೈನ್ರಿಕ್ ರ್‍ಯೂಬೆನ್ಸ್ (1865–1922) ಎಂಬಾತನು ಉಂಟುಮಾಡಿದನು.

1922ರಲ್ಲಿ ರಷ್ಯದ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡ್ರ ಆಂಡ್ರೆಯೆವ್ನ ಗ್ಲಾಗೊಲೇವ–ಆರ್ಕಾಡಿಯೇವ (1884–1945) ಎಂಬಾಕೆಯು, ದ್ಯುತೀಯವಲ್ಲದ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ 0.35 ಮಿ.ಮಿ. ಯಿಂದ 1 ಸೆಂ.ಮಿ. ವರೆಗಿನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿ ಈ ತೆರಪನ್ನು ಮುಚ್ಚಿದಳು.

ಈಗ ಈ ಉದ್ದದ ತರಂಗಗಳನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಕಲಾ ನಿಪುಣರು ಯಾವಿಧವಾದ ತೊಂದರೆಯೂ ಇಲ್ಲದೆ ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವರು. ಗ್ಲಾಗೊಲೇವ–ಆರ್ಕಾಡಿಯೇವ ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಉಪಕರಣವನ್ನು ರಚಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಜಾಣತನವನ್ನೂ ಉಪಾಯ ಕೌಶಲ್ಯವನ್ನೂ ಬಳಸಬೇಕಾಯಿತು ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವಿಕಿರಕ (mass radiator) ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟಳು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ಮೂಲವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿವರ್ತಕದ ತೈಲದಲ್ಲಿ ತೂಗಾಡುತ್ತಿರುವ ಲೋಹದ ಅರಪುಡಿಗಳು. ಈ ಮಿಶ್ರಣದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಕಿಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಹಾಯಿಸಲಾಯಿತು.

6. ರೇಡಿಯೋ

ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿನ ಚರಿತ್ರೆ

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವಿಕೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿದ್ಯೆಯ ಸ್ಥಾಪನೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗುವುದು ಎಂಬುದು ಫ್ಯಾರಡೆಗೆ ಹೊಳೆಯದಿದ್ದಂತೆಯೇ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಬೀಜಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದು ಪಡೆಯುವುದರ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಕಾಡು ಹರಟೆ ಮತ್ತು ಮಿತಿಮೀರಿದ ಅಜ್ಞಾನ ವೆಂದು ಅರ್ನೆಸ್ಟ್ ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ಭಾವಿಸಿದ್ದಂತೆಯೇ, ಹೈನ್ರಿಕ್ ಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗೆ ಕೂಡ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಹಲವಾರು ಮೀಟರುಗಳ ದೂರದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಪತ್ತೆಮಾಡಬಹುದು ಎಂದು ತೋರಿಸಿದಾದ ಮೇಲೂ, ರೇಡಿಯೋ ವಾರ್ತಾ ಪ್ರಸಾರದ ಭಾವನೆಯೇ ಇರಲಿಲ್ಲ, ಅಲ್ಲದೆ ಆತ ಅದರ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸಿದನು. ಇವು ಮೂರೂ ವಿನೋದಕರವಾದ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲವೆ ? ಆದರೆ ಇವುಗಳ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಮನಶ್ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರಿಗೆ ಬಿಟ್ಟು ಬಿಡೋಣ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಗಣನೀಯವಾದ ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ಸೂಚನೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕೊಟ್ಟು, 1894ರಲ್ಲಿ ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಅಕಾಲಿಕ ಮರಣಾನಂತರ ಘಟನೆಗಳು ಹೇಗೆ ಮುಂದುವರಿದವು ಎಂಬುದನ್ನು ನೋಡೋಣ.

ನಾವು ವಿವರವಾಗಿ ವರ್ಣಿಸಿರುವ ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ವಿಶ್ವದಾದ್ಯಂತ ವೈಜ್ಞಾನಿಕರ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆದವು. ಸೆಂಟ್ ಪೀಟರ್ಸ್‌ಬರ್ಗ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಎನ್. ಜಿ. ಯೆಗೊರೊವ್ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪುನಃ ನಡೆಸಿದನು. ಅನುನಾದಕದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿ

ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಅದನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣ ಕತ್ತಲೆಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕಾಣ ಬಹುದಾಗಿದ್ದಿತು ಮತ್ತು ಆಗಲೂ ಒಂದು ದೊಡ್ಡದಾಗಿಸುವ ಗಾಜಿನ (ಯವದ) ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾತ್ರ.

ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಸ್ಟೆಪನೋಪಿಚ್ ಪೋಪೊವ್ (1859–1906)–ಕ್ರಾನ್ ಸ್ಟಾಟ್ ಸೈನಿಕ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿನ ಒಬ್ಬ ನಿಗರ್ವಿಯಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಿಲ್ಪ ವಿದ್ಯೆಯ ಉಪಾಧ್ಯಾಯ–1889ರಲ್ಲಿ, 30 ವರ್ಷ ವಯಸ್ಸಾಗಿದ್ದಾಗ ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸುವ ಕೆಲಸ ಕೈಗೊಂಡನು. ಅವನು ತನ್ನ ಅನುನಾದಕ ಗಳಲ್ಲಿ ಪಡೆದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿಗಳು ಇತರ ಸಂಶೋಧಕರು ಜಯಪ್ರದವಾಗಿ ಉಂಟು ಮಾಡಿದ್ದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪುಷ್ಟವಾಗಿದ್ದವು.

1894ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಸರ್ ಆಲಿವರ್ ಜೋಸೆಫ್ ಲಾಡ್ಜ್ (1851–1940) ಎಂಬಾತನ ಒಂದು ಲೇಖನವನ್ನು **ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಷಿಯನ್** (Electrician) ಎಂಬ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಪತ್ರಿಕೆಯ ಮಾಗಿ ಕಾಲದ ಸಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸ ಲಾಯಿತು. ಅದರಲ್ಲಿ ಆತನು ಬ್ರಾನ್ಲಿ ನಳಿಕೆಯನ್ನು (Branley tube) ಬಳಸಿ ಕೊಂಡು ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಅನುನಾದಕವನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸಬಹುದು ಎಂದು ವಾದಿ ಸಿದನು. ಎಡೊವಾರ್ಡ್ ಬ್ರಾನ್ಲಿ (1844–1940) ಎಂಬ ಫ್ರೆಂಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಲೋಹದ ಅರಪುಡಿಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸು ತ್ತಿದ್ದನು. ಇಂತಹ ಅರಪುಡಿಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಏಕ ಪ್ರಕಾರದ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಒಡ್ಡುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಅವನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಒಂದು ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವಿರಳವಾಗಿ ತುಂಬಿರುವ ಲೋಹದ ಅರಪುಡಿಗಳು ಸರಿಸುಮಾ ರಾಗಿ ಅಮಿತವಾದ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಒಡ್ಡುವುವು, ಆದರೆ ನಳಿಕೆಯನ್ನು ಕಾರ್ಯ ಕಾರಿಯಾಗಿರುವ ಒಂದು ಹರ್ಟ್ಸ್ ಅನುನಾದಕದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ಪ್ರತಿರೋಧವು ತೀವ್ರವಾಗಿ ತಗ್ಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆಏನೆಂದರೆ, ಸಣ್ಣ ಅರಪುಡಿಗಳು ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದಿಂದುಂಟಾಗುವ ಅತ್ಯಂತ ಚಿಕ್ಕ ಕಿಡಿಗಳ ಬೆಸುಗೆ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುವುವು. ಮೃದುವಾಗಿ ತಟ್ಟಿದರೆ ಅಥವಾ ಅಲುಗಿಸಿದರೆ, ಅರಪುಡಿಯ ಪ್ರತಿರೋಧವು ಪೂರ್ವ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ.

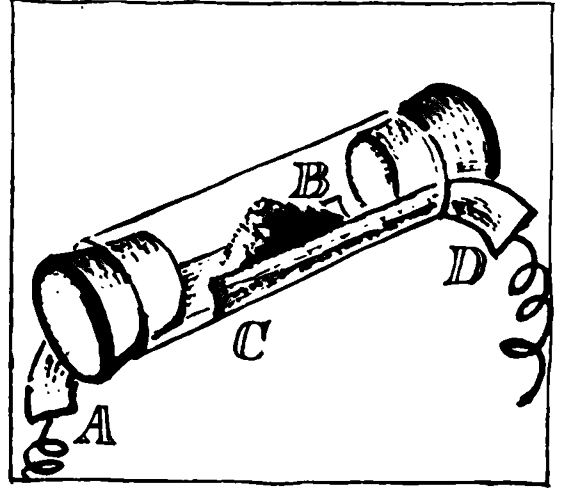
ಲೋಹದ ಅರಪುಡಿಯ ಈ ಗುಣವನ್ನು ಲಾಡ್ಜ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡನು. ಒಂದು ಬ್ರಾನ್ಲಿ ನಳಿಕೆ (ಇದಕ್ಕೆ ಆಮೇಲೆ **ಕೊಹಿರರ್** (coherer) **ತರಂಗಸೂಚಕ** ಎಂದು ಹೆಸರಾಯಿತು), ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ ಮತ್ತು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾದ ಪ್ರವಾಹ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕ (galvanometer) ಇವುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಪರಿಪಥವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದನು. ಉಪಕರಣದ ತೋರುಕೈಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು ಹಾದು ಹೋಗುವ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಓರೆಯಾಯಿತು. 40 ಮೀ. ದೂರಗಳವರೆಗೂ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಲಾಡ್ಜ್ ಯಶಸ್ವಿಯಾದನು.

ಆದರೇನು ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಅನಾನುಕೂಲಕರವಾಗಿದ್ದಿತು, ಏಕೆಂದರೆ ತರಂಗ ಸೂಚಕವು ಕೂಡಲೇ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವುದನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಿತು. ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುವ (ಬೆಸುಗೆಯಾದ) ಅರಪುಡಿಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಪೂರ್ವ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಪುನಃ ತರುವ ಒಂದು ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಅವಶ್ಯಕವಾಯಿತು, ಅಂತಹ ಸಲಕರಣೆಯ ರಚನೆಯು ಅಲುಗಾಟವು ತಾನೇ ತಾನಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವಂತೆ ಇರಬೇಕು.

ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪೋಪೊವ್ ಬಗೆಹರಿಸಿದನು. ಅವನು ಅನೇಕ ವಿಧದ ತರಂಗ ಸೂಚಕಗಳನ್ನು (ಕೊಹಿರರ್) ಪರೀಕ್ಷೆ ಮಾಡಿ, ಕೊನೆಗೆ ಮುಂದೆ ಹೇಳುವಂತೆ ರಚಿಸಿದ ಒಂದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲು ನಿರ್ಧರಿಸಿದನು. "ಪ್ಲಾಟಿನಂನ ತೆಳುವಾದ ಹಾಳೆಯ *AB, CD* ಎಂಬ ಎರಡು ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ಗಾಜಿನ ನಳಿಕೆಯ ಒಳಗಡೆಯ ಗೋಡೆಗೆ ಅಂಟಿಸಲಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಅವು ನಳಿಕೆಯ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ವ್ಯಾಪಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಪಟ್ಟಿಯು ನಳಿಕೆಯ ಒಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಇನ್ನೊಂದು ಪಟ್ಟಿಯು ಮತ್ತೊಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಹೊರಗಾಗಿವೆ. ಈ ಪಟ್ಟಿಗಳು 8 ಮಿ.ಮೀ. ಅಗಲವಾಗಿವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 2 ಮಿ.ಮೀ.ಗಳ ಅವಕಾಶವಿರುವ ಹಾಗೆ ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಪಟ್ಟಿಗಳ *B* ಮತ್ತು *C* ಎಂಬ ಒಳಗಡೆಯ ತುದಿಗಳು ನಳಿಕೆಯನ್ನು ಮುಚ್ಚುವ ಬಿರಡೆಗಳನ್ನು ಸೇರುವುದಿಲ್ಲ, ಇದರಿಂದಾಗಿ ಬಿರಡೆ ಮತ್ತು ನಳಿಕೆಯ ನಡುವೆ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಅರಪುಡಿಗಳು ನಳಿಕೆಯನ್ನು ಅಲುಗಿಸಿದಾಗ ಒಡೆಯಲಾಗದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ಸರಪಣಿಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಮುಂಚೆ ಮುಂಚಿನ ಹಲವು ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ ಹೀಗೆಯೇ ಆಯಿತು. ಪೂರ್ತಿ ನಳಿಕೆಯ ಉದ್ದವು 6 ರಿಂದ



ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಸ್ತೆಪನೋವಿಚ್ ಪೋಪೊವ್ (1859–1906) — ರಷ್ಯದ ಗಣ್ಯ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿ; ರೇಡಿಯೋವನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಿದನು. ಪೋಪೊವ್‌ನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪರಿಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಅವನ ಸಮಕಾಲೀಕರು ಹೆಚ್ಚು ಮಾನ್ಯತೆ ನೀಡಿದ್ದರು. →



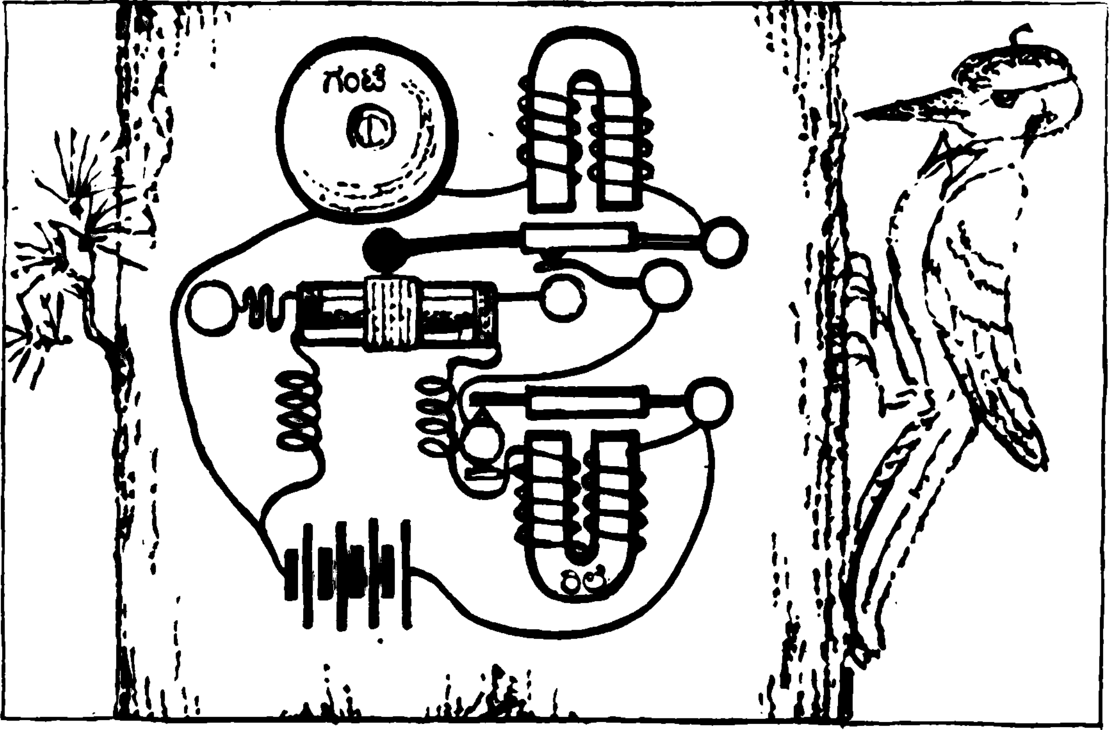
ಚಿತ್ರ 6.1

8 ಸೆಂ.ಮೀ. ಮತ್ತು ಅದರ ವ್ಯಾಸ ಸುಮಾರು 1 ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿದ್ದಿತು. ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿರುವಾಗ ನಳಿಕೆಯನ್ನು ಕ್ಷಿತಿಜ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವ ಹಾಗೆ ಇಟ್ಟು ಪಟ್ಟಿಗಳು ತಳದಲ್ಲಿದ್ದು ಲೋಹದ ಅರಪುಡಿಗಳಿಂದ ಮುಚ್ಚಿರುವಂತೆ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಲೋಹದ ಅರಪುಡಿಗಳು ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ಅವಕಾಶದ ಅರ್ಧಕ್ಕೆ ಮೀರದಷ್ಟು ತುಂಬಿದ್ದಾಗ ಕಾರ್ಯವು ಅತ್ಯಂತ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿರುವುದು."

ಈಗ ತಾನೆ ಅವನ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿಯೇ ವರ್ಣಿಸಿರುವ ಪೋಪೊವ್‌ನ ತರಂಗ ಸೂಚಕವನ್ನು (ಕೊಹಿರರ್) ಚಿತ್ರ 6.1ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅವನು ಇದರಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣ ಅಥವಾ ಉಕ್ಕಿನ ಪುಡಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದನು.

ಆದರೆ, ಮುಖ್ಯ ಸಮಸ್ಯೆಯು ತರಂಗ ಸೂಚಕವನ್ನು ಉತ್ತಮಪಡಿಸುವುದಲ್ಲ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿ ಆದಮೇಲೆ, ಆರಂಭ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಅದನ್ನು ಪುನಃ ತರುವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು. ಚಿತ್ರ 6.2ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಪರಿಪಥ ನಕ್ಷೆಯುಳ್ಳ ಪೋಪೊವ್‌ನ ಮೊದಲನೆಯ ಗ್ರಾಹಕದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಒಂದು

→ 1900ರಲ್ಲಿ ಪ್ಯಾರಿಸ್‌ನಲ್ಲಿ ನಡೆದ ವಿಶ್ವ ಪ್ರದರ್ಶನದಲ್ಲಿ ಆತನ ನಿರ್ಮಾಣ ಕಾರ್ಯಕ್ಕಾಗಿ ಸ್ವರ್ಣ ಪದಕವನ್ನು ಆತನಿಗೆ ನೀಡಲಾಯಿತು.



ಚಿತ್ರ 6.2

ವಿದ್ಯುತ್ ಗಂಟೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದ ತೋರು ಕೈಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಗಂಟೆಯ ಬಡಿಯುವ ಕೈ ಇದೆ ಮತ್ತು ಬಡಿಯುವಕೈ ತನ್ನ ಆರಂಭ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಬಂದಾಗ ಅದರ ಸುತ್ತಿಗೆಯು ಗಾಜಿನ ನಳಿಕೆಯನ್ನು ಹೊಡೆಯಿತು.

ಒಂದು ಗೂಢ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಎಂತಹ ಸರಳವಾದ ಸಾಧನೆ! ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಸರಳವಾದುದೇ. ವಾಚಕ ಮಹಾಶಯರೇ, ಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗೆ ಆಗಲಿ, ಲಾಡ್ಜ್‌ಗೆ ಆಗಲಿ ತೋಚದ ಈ ಸರಳರೂಪದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು, ಈಗ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಗಳು ಒಂದು ರಿಲೆ ಪರಿಪಥ (relay circuit) ಎಂದು ಕರೆಯುವ ಸಲಕರಣೆಯ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಉಪಯೋಗ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ನೀವು ಗ್ರಹಿಸಿರುವಿರೇನು ? ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿ ನೇರವಾಗಿ ಪತ್ತೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಅದನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪರಿಪಥವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

1895ರ ವಸಂತ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪೋಪೊವ್ ತನ್ನ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಹೊರಗಡೆ ಒಂದು ಹಣ್ಣಿ ತೋಟದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದನು. ಗ್ರಾಹಕವನ್ನು ಆಂದೋಲಕದಿಂದ ದೂರ ದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಸುತ್ತ ಹೋದನು. 50 ಮಿ. ದೂರದಲ್ಲಿ ಆಂದೋಲಕದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿಗೆ ಗಂಟೆಯು ಹೊಡೆಯಿತು; 60 ಮಿ. ದೂರದಲ್ಲೂ ಅದು ತನ್ನ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿತು. ಆದರೆ 80 ಮಿ. ದೂರದಲ್ಲಿ ಗಂಟೆಯು ಹೊಡೆಯಲಿಲ್ಲ. ಆಗ ಪೋಪೊವ್ ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯ ಸುರುಳಿ ಒಂದನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಒಂದು ಕೊನೆಯನ್ನು ಒಂದು ಮರದ ಮೇಲೆ ಎಸೆದು ಮತ್ತೊಂದು ಕೊನೆಯನ್ನು ತರಂಗ ಸೂಚಕಕ್ಕೆ (ಕೊಹಿರರ್‌ಗೆ) ಸೇರಿಸಿದನು. ಗಂಟೆಯು ಹೊಡೆಯಿತು. ಮೊದಲನೆಯ ಗ್ರಾಹಕ–ಪ್ರಸಾರಕ ತಂತಿಯ (antenna) ರಚನೆಯಾದದ್ದು ಹೀಗೆ.

ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿವರ್ಷವೂ ಮೇ ತಿಂಗಳ 7ನೆಯ ತಾರೀಖಿನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ದಿನ ಎಂದು ಆಚರಿಸಲಾಗುವುದು. 1895ರ ಈ ದಿನಾಂಕದಂದು ರಷ್ಯದ ಭೌತಿಕ-ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಘದ (Physico-Chemical Society) ಕಟ್ಟಳೆಯಾದ ಸಭೆಯಲ್ಲಿ "ಲೋಹ ಪುಡಿಗಳಿಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆಂದೋಲನಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧ" ಎಂಬ ನಿರಾಡಂಬರವಾದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು ಲೇಖನವನ್ನು ಪೋಪೊವ್ ಓದಿದನು. ಅಲ್ಲಿದ್ದವರು ಅನೇಕರು ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ, ಒಂದು ಆವರ್ತಕ ಲೆನ್ಸ್ ಮೂಲಕ ಮಾತ್ರ ಕಾಣಲಾಗುವ ಅತ್ಯಂತ ಚಿಕ್ಕ ಕಿಡಿಗಳು ಹೊರಡುತ್ತಿದ್ದ ಹರ್ಟ್ಸ್‌ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರದರ್ಶನವನ್ನು ನೋಡಿದ್ದರು. ಆದರೆ, ಅವರು ಪೋಪೊವ್‌ನ ಗ್ರಾಹಕದ ಜೋರಾದ ಗಣಗಣ ಶಬ್ದವನ್ನು ಕೇಳಿದಾಗ, ನಿಸ್ತಂತು ದೂರಲೇಖಕದ (wireless telegraph) ಜನ್ಮವನ್ನು ನೋಡುತ್ತಿರುವರೆಂದೂ ಮತ್ತು ಬಹು ದೂರಗಳ ಪರ್ಯಂತ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ ಒಂದು ಹೊಸದಾದ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾದ ವಿಧಾನದ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಿರುವುದೆಂದೂ ಮನಗಂಡರು.

1896, ಮಾರ್ಚ್ 12ರಂದು ಪೋಪೊವ್ ವಿಶ್ವದ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲನೆಯ ರೇಡಿಯೋ ದೂರಲೇಖನ ವರ್ತಮಾನವನ್ನು ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡಿದನು. ಹ್ರಸ್ವ ಮತ್ತು ಉದ್ದವಾದ ಅಂತರಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಕೀಲನ್ನು ಒತ್ತಿ "ಹೈನ್ರಿಕ್ ಹರ್ಟ್ಸ್"

ಎಂಬ ಪದಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕಟ್ಟಡದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ 250 ಮಿ. ದೂರಕ್ಕೆ ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡಲಾಯಿತು ಮತ್ತು ದೂರಲೇಖನ ಟೇಪ್‌ನಲ್ಲಿ ಮುದ್ರಿಸಲಾಯಿತು.

1899ರ ವೇಳೆಗೆ, ಸಿಡಿಮದ್ದು ಪಾತ್ರೆಗಳನ್ನು ಹರಡುವ ನೌಕಾಪಡೆಯ ಶಿಕ್ಷಣ ಹಡಗುಗಳ ನಡುವಣ ರೇಡಿಯೋ ಸಂಪರ್ಕದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು 11 ಕಿ.ಮಿ. ಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದ್ದಿತು. ನಿಸ್ಸಂತು ದೂರಲೇಖನದ ವ್ಯಾವಹಾರಿಕ ಮಹತ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಂಶಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯ ಅಧಿಕಾರಿ ವರ್ಗದವರು ಕೂಡ ಇದಾದಮೇಲೆ ಅನುಮಾನಪಡಲಿಲ್ಲ.

ಇಟಲಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿ ಮತ್ತು ನಿರ್ಮಾಪಕ ಗುಗ್ಲೀಲ್ಮೊ ಮಾರ್ಕೋನಿ (1874–1937) ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಪೋಪೊವ್‌ಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಆಮೇಲೆ ಆರಂಭಿಸಿದನು. ಮಾರ್ಕೋನಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದ ಎಲ್ಲಾ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿನ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಮುನ್ನಡೆಗಳನ್ನೂ ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಪರಾಮರ್ಶಿಸಿದನು. ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಹಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಸಾರದ ಉತ್ಕೃಷ್ಟತೆಯನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಅವನು ಜಾಣತನದಿಂದ ಬಳಸಿಕೊಂಡನು. ಅವನ ಪರಿಶ್ರಮದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವು ನೇರವಾದ ಯಂತ್ರಕಲಾ ವಿದ್ಯೆಯ ಭಾಗಕ್ಕಿಂತಲೂ ಸೂಕ್ತ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸ್ಥಾಪನೆ ಮತ್ತು ನಿರ್ವಹಣೆ ಇವುಗಳ ಕಡೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಿತು. ಇದು ಏನೂ ಸಣ್ಣ ವಿಷಯವಲ್ಲ ಮತ್ತು ಮಾರ್ಕೋನಿಯ ಖ್ಯಾತಿಯು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಅರ್ಹವಾದುದೇ. 1895ರ ಮೇ 7 ರಂದು ಓದಲಾದ ಲೇಖನದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ರೇಡಿಯೋ ಕಂಡುಹಿಡಿದುದ ರಲ್ಲಿ ಅಗ್ರಸ್ಥಾನವು ನಿರಾಡಂಬರದ ರಷ್ಯನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಪೋಪೊವ್‌ಗೆ ಸಲ್ಲತಕ್ಕದ್ದು ಎಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಲಾಗದು. ಈತನು ತನ್ನ ಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧನೆ ಯನ್ನು ತನ್ನ ಜನ್ಮಭೂಮಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಇತರ ದೇಶಗಳ ವಶಕ್ಕೆ ಕೊಡುವುದಕ್ಕೆ ಸದಾ ನಿರಾಕರಿಸಿದನು.

ಮಾರ್ಕೋನಿಯು ತನ್ನ ಲೇಖನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಭಾಷಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪೋಪೊವ್‌ನ ಹೆಸರನ್ನು ಹೇಳಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ 1901ರಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಕೋನಿಯು ಸ್ಥಾಪಿಸಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಅಧ್ಯಕ್ಷನಾಗಿಯೂ ಇದ್ದ ವ್ಯಾಪಾರ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಎ.ಎಸ್.ಪೋಪೊವ್‌ಗೆ

ಒಂದು ಸ್ಥಾನ ಕಲ್ಪಿಸಿ ಕೊಡುವುದಾಗಿ ಹೇಳಿದ್ದುದು ಬಹಳ ಜನರಿಗೆ ತಿಳಿದಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಹಣದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ತೀವ್ರಗತಿಯಿಂದ ವೃದ್ಧಿಯಾಯಿತು. 1899ರಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಕೋನಿಯು ಫ್ರಾನ್ಸ್ ಮತ್ತು ಇಂಗ್ಲೆಂಡುಗಳ ನಡುವೆ ರೇಡಿಯೋ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದನು ಮತ್ತು 1901ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ರೇಡಿಯೋ ಸುದ್ದಿ ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು ಯೂರೋಪಿನಿಂದ ಅಮೆರಿಕಕ್ಕೆ ರವಾನಿಸಲಾಯಿತು.

ಯಂತ್ರ ಕಲಾಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಯಾವ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ಈ ಸಾಧನೆಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯಕವಾಗಿದ್ದವು ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಸುದ್ದಿ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಆಗಗೊಳಿಸಿದವು ?

1899 ರಿಂದ ಆರಂಭವಾಗಿ, ನಂತರ ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪವು ತರಂಗ ಸೂಚಕದ (ಕೊಹಿರರ್) ಮೂಲಕ ಗ್ರಹಣವನ್ನು ಆಧರಿಸಲಿಲ್ಲ. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದು ಪರಿಪಥದ ಪ್ರತಿರೋಧವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದರ ಮೂಲಕ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಗುರ್ತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲು, ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬೇರೆಯಾದ ಒಂದು ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಏಕಮುಖಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗಿರುವ ಮಿಡಿಯುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ದೂರವಾಣಿ ಗ್ರಾಹಕದಲ್ಲಿ ಕೇಳಿಬರುವ ತೀಕ್ಷ್ಣ ಶಬ್ದಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಇದರಿಂದಾಗಿ ಏಕಮುಖ ಪರಿವರ್ತಕಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ಆರಂಭವಾಯಿತು. ನಮ್ಮ ಶತಮಾನದ ಎರಡನೆಯ ದಶಕದವರೆಗೂ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿದ್ದ ಸಂಪರ್ಕ ಸಂಸೂಚಕವು ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಾಹಕ ಗುಣವುಳ್ಳ ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದಿತು. ಇಂತಹ ಹರಳುಗಳು 1874 ರಿಂದಲೇ ಪರಿಚಿತವಾಗಿದ್ದವು. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಲೋಹದ ಸಲ್ಫೈಡುಗಳು, ತಾಮ್ರದ ಪಿರೈಟಿಸ್ (ಸಲ್ಫೈಡು) ಮತ್ತು ಇತರ ನೂರಾರು ಖನಿಜಗಳು ಸೇರಿವೆ. ನನ್ನ ವಯಸ್ಸಿನ ಜನರು ಇಂತಹ ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ವ್ಹಿಸ್ಕರ್ (ಸಂಪರ್ಕ ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್-(contact spring) ಸಹಾಯದಿಂದ "ಒಳ್ಳೆಯ ಸಂಪರ್ಕ"ಕ್ಕಾಗಿ ಹುಡುಕುವ



ಚಿತ್ರ 6.3

ಸಿಟ್ಟೆಬ್ಬಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನೂ ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ವ್ಹಿಸ್ಕರ್‌ನ ಬಿಂದುವು ಹರಳಿನ ಮೇಲೆ "ಸರಿಯಾದ" ಸ್ಥಳವನ್ನು ಸೇರಿದಾಗ ಇಂತಹ ಸಂಪರ್ಕವು ಸಿಗುವುದು (ಚಿತ್ರ 6.3). ಆಗಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಪ್ರಸಾರ ನಿಲಯಗಳು ಕೆಲಸಮಾಡಲು ಆರಂಭಿಸಿದ್ದವು. ಆದ್ದರಿಂದ ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಬೇಕಾಗಿ ರುವ ತರಂಗಕ್ಕೆ ಸರಿಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಅನುಗೊಳಿಸಬೇಕಾಗಿದ್ದಿತು. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಬಹು ಸಂಪರ್ಕದ ಸ್ವಿಚ್ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಸಣ್ಣ ಸಂಖ್ಯೆಯ ನಿಲಯಗಳಿಗಾಗಿ ಮಾಡಲಾಯಿತು, ಇಲ್ಲವೇ ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕವನ್ನು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮಾಡುವುದರಿಂದ. ಇದನ್ನೇ ಈಗಿನ ಸಲಕರಣೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

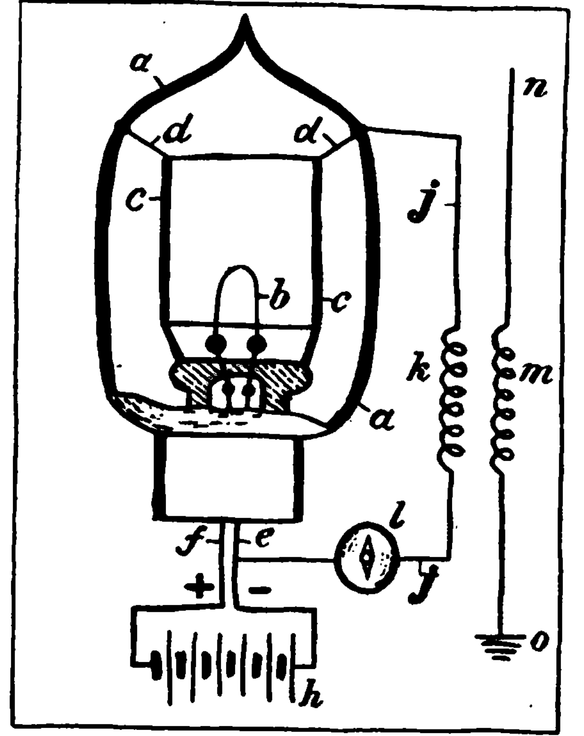
ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿ ಅಂತರದ ಪ್ರಸಾರ ನಿಲಯಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚಾದ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸುವುದು ಅತ್ಯಂತ ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾಗಿ, ಹಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ

ಅಸಾಧ್ಯವೇ ಆಗಿ ಇದ್ದಿತು, ಏಕೆಂದರೆ ಕಿಡಿ ಅಂತರ ಉಪಕರಣವು ಅತಿ ಶಾಖ ಗೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಇಂತಹ ನಿಲಯಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಪದ ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಜನಕದ ತತ್ವವನ್ನನುಸರಿಸಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಯಿತು. ಇದಾದ ಮೇಲೆ ಶಕ್ತಿ ಪರಿಮಾಣಗಳು ನೂರಾರು ಕಿಲೋ ವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟಾದವು.

ದೂರಲೇಖನ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನೇ ಅಲ್ಲದೆ ವಾರ್ತೆ ಮತ್ತು ಸಂಗೀತದ ಪ್ರಸಾರ ವನ್ನು ಸಾಧ್ಯಗೊಳಿಸಿದ ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿನ ನಿಜವಾದ ಕ್ರಾಂತಿಯು ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆಯ ನಿರ್ಮಾಣದಿಂದ ಸಂಭವಿಸಿತು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಕಾಯಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಮತ್ತು ಒಂದು ಲೋಹದ ಉರುಳಿ ಯಿಂದ ಸುತ್ತುವರಿಯಲ್ಪಟ್ಟ ತಂತುವನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏಕಮುಖಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಲ್ಲುದು ಎಂಬುದನ್ನು 1904ರ ಅಕ್ಟೋಬರ್‌ನಲ್ಲಿ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿ ಸರ್ ಜಾನ್ ಆಮ್‌ಬ್ರೋಸ್ ಫ್ಲೆಮಿಂಗ್ (1849–1945) ಎಂಬಾ ತನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಅದರ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 6.4ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಧ್ವನಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆ ದ್ವಿಧ್ರುವದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಫ್ಲೆಮಿಂಗ್ ಮನಗಂಡಿದ್ದನು (ಈ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ಅವನು ಒಂದು "ಕಪಾಟ" (valve) ಎಂದು ಕರೆದನು, ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರವಾಹದ ದ್ವಾರವನ್ನು ತೆಗೆಯುವುದನ್ನು ಮತ್ತು ಹಾಕುವುದನ್ನು ಮಾಡು ತ್ತದೆ), ಆದರೆ ತನ್ನ ಸಂಸೂಚಕದ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಉಪಯೋಗವನ್ನು ಸಾಧಿಸ ಲಾಗಲಿಲ್ಲ.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ದೀಪವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಖ್ಯಾತಿ ಲೀ ಡಿ ಫಾರೆಸ್ಟ್ (1873–1961) ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕದ ವಿಜ್ಞಾನಿಯದು. 1906ರಲ್ಲಿ ಅವನು ದ್ವಿಧ್ರುವ ನಳಿಕೆಗೆ (diode) ಮೂರನೆಯ ಒಂದು ಅಂಗವನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ತ್ರಿಧ್ರುವವಾಗಿ (triode) ಪರಿವರ್ತಿಸಿದನು. ಈ ನಳಿಕೆಗೆ **ಆಡಿಯೊನ್** (audion) ಎಂದು ಹೆಸರು ಕೊಡ



ಚಿತ್ರ 6.4

ಲಾಯಿತು (ಲ್ಯಾಟಿನ್ನಿನ audire, ನಾನು ಕೇಳುತ್ತೇನೆ ಎಂಬ ಅರ್ಥವುಳ್ಳ ಪದ ದಿಂದ). ಡಿ ಫಾರೆಸ್ಟ್‌ನ ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆ ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರವು ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ದೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಜಾಲದ (ತಂತಿ ಹೆಣಿಗೆ-grid) (ಮೂರನೇ ಅಂಗ) ಮೇಲೆ ಗ್ರಹಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಏಕಮುಖಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಕಿವಿಗಳಿಗಂಟಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಗ್ರಾಹಕಗಳ ಮೂಲಕ ಟೆಲಿಗ್ರಾಫ್ (ದೂರಲೇಖನ) ಸಂಕೇತಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕೇಳು ವುದನ್ನು ಸಾಧ್ಯಪಡಿಸಿತು.

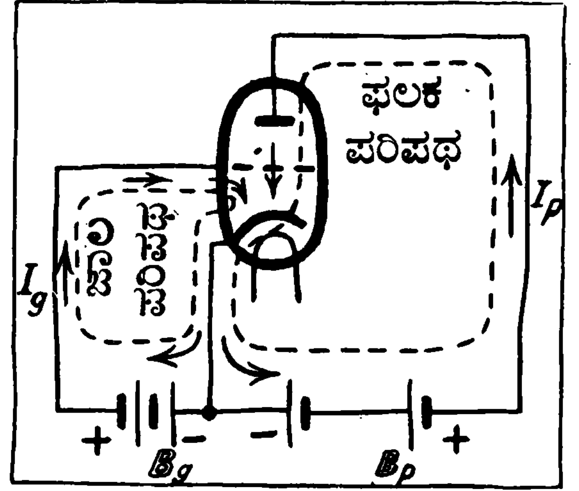
ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಳಿಕೆಯನ್ನು ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರ ಸಾಧ್ಯ ತೆಯು ಅಮೆರಿಕದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಏಳು ವರ್ಷಗಳು ಕಳೆದ ನಂತರವೇ, 1913ರಲ್ಲಿ, ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಮೈಸ್‌ನರ್ (1883–1958) ಎಂಬ ಜರ್ಮನ್ ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಯು ತ್ರಿಧ್ರುವವನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದಕ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿದನು.

ವಾರ್ತೆಯನ್ನು ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡುವ, ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗ ವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ (modulation) ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಳಿಕೆಯನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದಕದಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲೇ ಮಾಡ ಲಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಅಡಚಣೆಗಳು ಬಹು ದೊಡ್ಡವಾಗಿದ್ದವು : ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯಾ ನಿಯಂತ್ರಣದ ತಂಡವು ಸಾಕಷ್ಟು ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ವಾರ್ತೆಯ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಾಧಿಸಲಾಯಿತು, ಆದರೆ ಸಂಗೀತವು ಸಾಧ್ಯವಾಗ ಲಿಲ್ಲ. ಎರಡನೆಯ ದಶಕದಲ್ಲಿ ತಾನೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಳಿಕೆಗಳೊಡನೆ ಕಾರ್ಯಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರೇಷಕಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಗ್ರಾಹಕಗಳಿಂದಲೂ ಧ್ವನಿ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರಸಾರಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರದ ಅಕ್ಷಯವಾದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಸ್ಥಿರಗೊಂಡಿತು.

ಇದರಿಂದ ಮುಂದಿನ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಮುನ್ನಡೆಯು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಸಂಭವಿಸಿತು, ಆಗ ರೇಡಿಯೋ ಪರಿಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಳಿಕೆಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಅರ್ಧವಾಹಕ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಯಿತು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಸಮಾಚಾರಗಳನ್ನು ಒಳಸೇರಿಸು ವುದೇ ಮುಂತಾಗಿ ಪ್ರಸಾರ ಮತ್ತು ಶೇಖರಣೆ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳ ಭಾರಿ ಗುಂಪಿನ ವಿಚಾರದ ಔಪಯೋಗಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಹೊಸ ಶಾಖೆಯೇ ಸ್ಥಾಪಿತ ವಾಯಿತು.

ನಿರ್ವಾತ-ನಳಿಕೆಯ ತ್ರಿಧ್ರುವ ಮತ್ತು ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್

ನಿರ್ವಾತ–ನಳಿಕೆ ತ್ರಿಧ್ರುವಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದಲ್ಲಿ ಉಬ್ಬರ ವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದವು. ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನವು ಜನಗಳಿಗಿಂತ ಬೇಗ ಮುಪ್ಪನ್ನ ಡೆಯುವುದು. ಈಗಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಳಿಕೆಯು ಒಬ್ಬ ಪೆನ್‌ಷನ್‌ದಾರ, ಅಥವಾ ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ಹೇಳುವಂತೆ ಒಬ್ಬ ಹಿರಿಯ ಪ್ರಜೆ, ಆಗಿದೆ. ಕೇವಲ ಸ್ವಲ್ಪ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ TV ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಮಾರುವ ಅಂಗಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಆತುರ ಪಡುವ ಭಾವಿ ಗಿರಾಕಿಗಳು ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ ಅಳವಡಿಸಿದ ಮಾದರಿಗಳು, ಅಂದರೆ

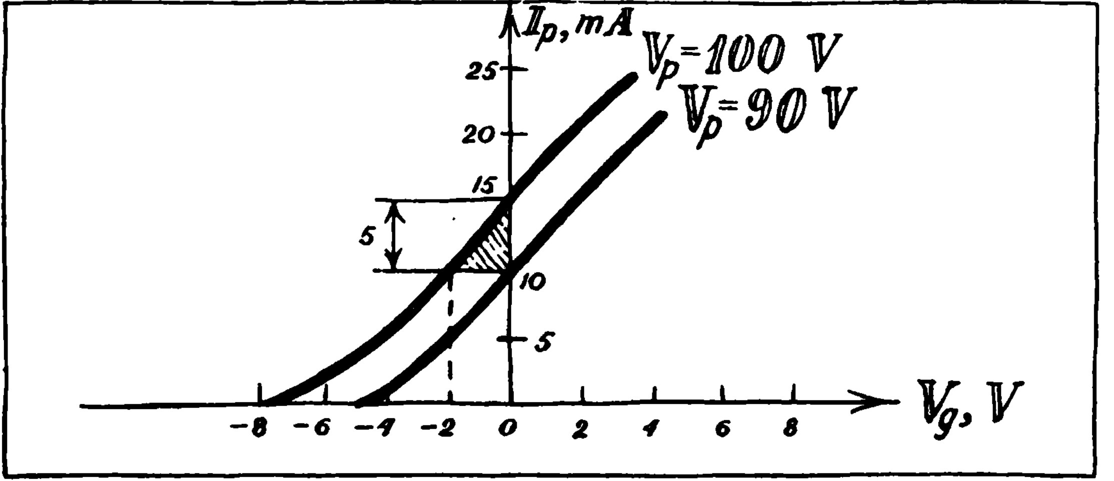


ಚಿತ್ರ 6.5

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಳಿಕೆಗಳಿಗೆ ಬದಲು ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಮಾದರಿಗಳು ಬೇಕೆಂದು ಬೇಡುತ್ತಿದ್ದುದನ್ನು ನೀವು ಕೇಳಿದ್ದಿರಬಹುದು.

ಆದರೆ ವಯಸ್ಸಿಗೆ ಮರ್ಯಾದೆ ಸಲ್ಲಬೇಕು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ನಳಿಕೆಗಳ ಮತ್ತು ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರುಗಳ ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗಗಳ, ಅದಾಗಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ತರಂಗಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿವರ್ಧನ, ಇವುಗಳ ಮೂಲತತ್ವಗಳನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಳಿಕೆಯನ್ನು ದೃಷ್ಟಾಂತವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಹೆಚ್ಚು ಸರಳರೂಪದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನಕ್ಕಿಂತ ಇದರ ಕಾರ್ಯ ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಹೆಚ್ಚು ವಿವರವಾಗಿ ವರ್ಣಿಸುತ್ತೇವೆ.

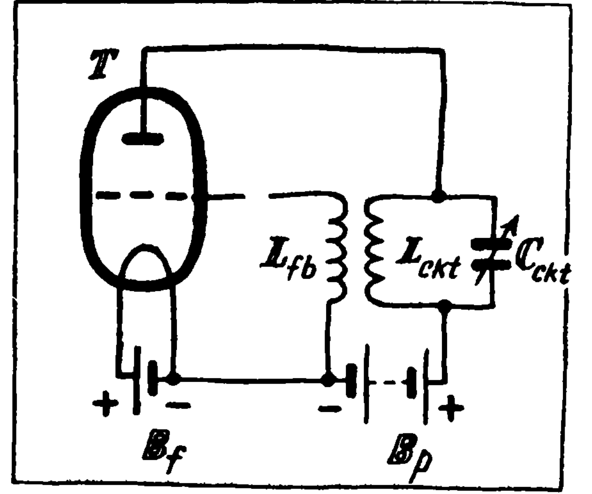
ಫಲಕ (ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ) ಮತ್ತು ಬಿಸಿಯಾಗಿರುವ ತಂತು (ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ)·ಇವುಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಮೂರು–ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ ನಳಿಕೆಯ ಒಂದು ಬುರುಡೆಯಲ್ಲಿ ಒಳಗೆ ಮೊಹರು ಮಾಡಿರುವ (ಜಾಲ ಎಂದು ಹೆಸರುಳ್ಳ) ಮೂರನೆಯ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ, ಇರುವುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಜಾಲದ ಮೂಲಕ ತಡೆಯಿಲ್ಲದೆ ಹಾದು ಹೋಗುವುವು. ಭೂಮಿಯು ಒಂದು ಧೂಳು ಕಣಕ್ಕಿಂತ ಎಷ್ಟು ದೊಡ್ಡದಾಗಿದೆಯೋ ಅಷ್ಟೇ ಅದರ (ಜಾಲದ) ತೆರಪುಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಿಂತ ದೊಡ್ಡವಾಗಿರುವುವು. ಫಲಕದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವುದನ್ನು ಜಾಲವು ಹೇಗೆ ಆಗ



ಚಿತ್ರ 6.6

ಗೊಡಿಸುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಚಿತ್ರ 6.5ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಜಾಲದ ಮೇಲೆ ಋಣ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ ಫಲಕದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಧನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು ಎನ್ನುವುದು ಸ್ಪಷ್ಟ.

ಒಂದು ಸರಳವಾದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ನಡೆಸೋಣ. ಮೊದಲಿಗೆ ಋಣ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವ ಮತ್ತು ಧನ ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳ (ತಂತು ಮತ್ತು ಫಲಕ) ನಡುವೆ 100 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆಮೇಲೆ ಜಾಲ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಚಿತ್ರ 6.6ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಹಾಗೆ ಋಣ ಎಂಟು ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಂದ ಧನ ಐದು ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳವರೆಗಿನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಪಡಿಸುತ್ತೇವೆ. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಫಲಕ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಈ ದತ್ತಾಂಶಗಳಿಂದ ಚಿತ್ರ 6.6ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ವಕ್ರರೇಖೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸಿ ಎಳೆಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ **ನಳಿಕೆಯ ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ರೇಖೆ** (characteristic) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದಾದ ಮೇಲೆ ಅದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು 90 ವೋ.ಗಳ ಫಲಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದೊಡನೆ ಪುನಃ ನಡೆಸುತ್ತೇವೆ.



ಚಿತ್ರ 6.7

ಆಗ ಅಂಥವೇ ಆದ ಮತ್ತೊಂದು ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಲಬ್ಧವಾಗುವುದು (ಚಿತ್ರ 6.6 ರಲ್ಲಿನ ಕೆಳಗಡೆಯ ರೇಖೆ).

ಎದ್ದು ಕಾಣುವ ಈ ಮುಂದಿನ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಗೆರೆಗಳಿಂದ ಕೊರೆದು ಗುರುತು ಮಾಡಿರುವ ತ್ರಿಭುಜದಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವಂತೆ, ಫಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು 5 ಮಿಲ್ಲಿಆಂಪೇರುಗಳಷ್ಟು ಎರಡು ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು : ಫಲಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು 10 ವೋ.ಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಮಾಡುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಜಾಲ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು 2 ವೋ.ಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರಿಂದಾಗಲಿ. ಜಾಲವನ್ನು ಸೇರಿಸಿರುವುದರಿಂದ ನಿರ್ವಾತ–ನಳಿಕೆ ತ್ರಿಧ್ರುವವು ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸು ವುದು. ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಾಂತದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿವರ್ಧನ ಸಂಖ್ಯೆ (amplification factor) 5ಕ್ಕೆ (ಹತ್ತನ್ನು ಎರಡರಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ) ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಅಂದರೆ, ಫಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮೇಲೆ ಜಾಲ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಪರಿಣಾಮವು ಫಲಕ ವಿದ್ಯು ದ್ಬಲದ ಐದು ಸಲದಷ್ಟಿರುವುದು.

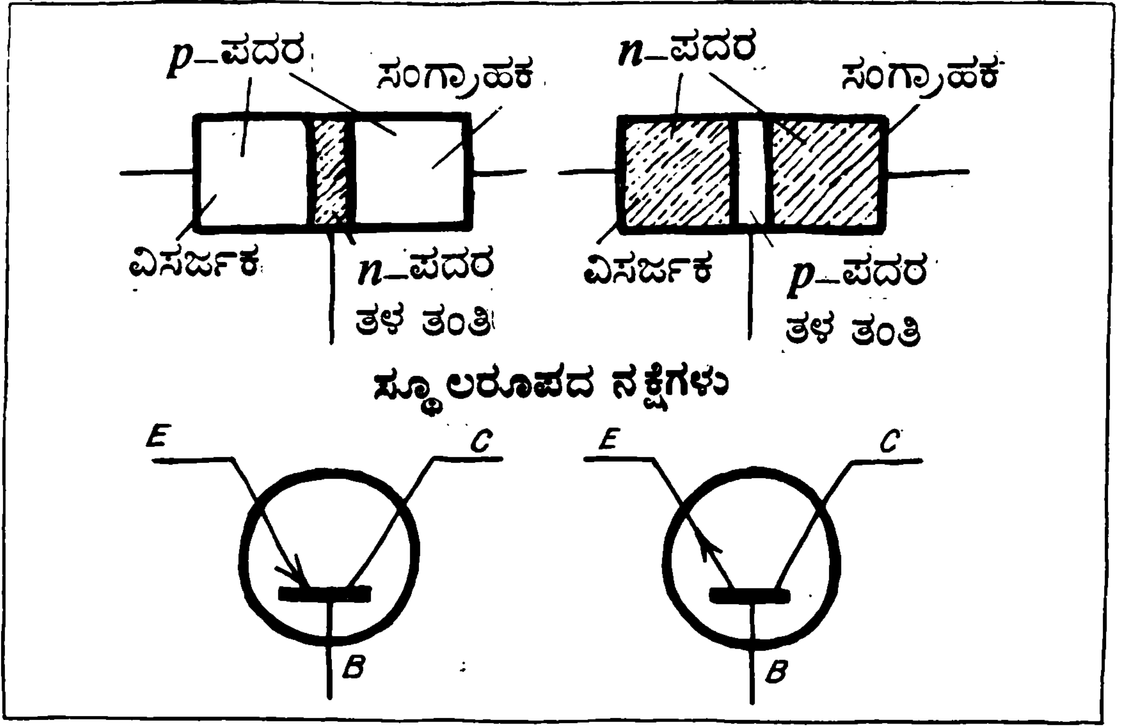
ಈಗ ಒಂದು ತ್ರಿಧ್ರುವದ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉದ್ದವುಳ್ಳ ತರಂಗ ಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಚಿತ್ರ 6.7ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳರೂಪಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಿರುವ ಪರಿಪಥವು

ಇದನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸುವುದು. ಫಲಕ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ (ಕೀಲು ಗುಂಡಿಯನ್ನು ಮುಚ್ಚಿದಾಗ), ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥದ ಕೆಪಾಸಿಟರ್ C_{ckt} ನಳಿಕೆ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಕೆಳಗಿನ ಫಲಕವು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾಗಿರುವುದು. ಕೆಪಾಸಿಟರು ಒಡನೆಯೇ L_{ckt} ಪ್ರೇರೇಪಕದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ನಳಿಕೆಯಿಂದ ನಿರಂತರವಾದ ಶಕ್ತಿ ಸರಬರಾಯಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಅವಮಂದಿತವಾಗುವ ಮುಕ್ತ (ಸ್ವಾಭಾವಿಕ) ಆಂದೋಲನಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಶಕ್ತಿ ಸರಬರಾಯಿಯನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಸಮಯಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಿ, ಒಂದು ಉಯ್ಯಾಲೆಯನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಕಾಲಗಳಲ್ಲಿ ತಳ್ಳಿ ಅದರ ಚಲನ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಹಾಗೆಯೇ, ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥವೂ ಕೂಡ ವೃದ್ಧಿಯಾಗುವ ಹಾಗೆ ಹೇಗೆ ಹವಣಿಸುವುದು ? ಇದಕ್ಕೆ ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿರುವುದು **ಪ್ರತಿದಾನ** (feedback) ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವ ಒಂದು ಕ್ರಮ. ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು L_{fb} ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತ ಆಂದೋಲನಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೇ ಉಳ್ಳ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಜಾಲವು ಫಲಕ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಿಡಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ; ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ತನ್ನ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಪರಿಪಥವನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ.

ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿರುವ ಎರಡು ಚಮತ್ಕಾರಯುತವಾದ ತತ್ವಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ಮತ್ತು ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಸ್ಥಾಪನೆಗೆ ಆಧಾರವಾಗಿವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಳಿಕೆಯು, ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರಿಗೆ ಜಾಗ ಬಿಟ್ಟುಕೊಟ್ಟು ಬಳಕೆ ತಪ್ಪಿದ್ದಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಆಂದೋಲನಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿವರ್ಧನೆ ಇವುಗಳ ಮೂಲಭಾವಗಳು ಬದಲಾಗದೆ ಉಳಿದಿರುವುವು.

ನಿರ್ವಾತ–ನಳಿಕೆ ತ್ರಿಧ್ರುವದಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ, ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರಿನ ನಿವೇಶ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿನ (input circuit) ಕಡಿಮೆ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ನಿರ್ಗಮ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿನ ಹೆಚ್ಚಾದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಬಲ್ಲುದು. ಈ ನಿಯಂತ್ರಣವು ನೆರವೇರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದು. ನಾವು ಮೇಲೆ ನೋಡಿರುವ ಹಾಗೆ, ಒಂದು ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿನ



ಚಿತ್ರ 6.8

ಫಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಜಾಲ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರಿನಲ್ಲಿನ ಸಂಗ್ರಾಹಕದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ವಿಸರ್ಜಕದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರನ್ನು ನಾವು ಇನ್ನೂ ವರ್ಣಿಸಿಲ್ಲ. ಅದರಲ್ಲಿ ಮೂರು ವಿದ್ಯುಧ್ರುವಗಳಿರುತ್ತವೆ. ವಿಸರ್ಜಕವು (emitter) ಕ್ಯಾಥೋಡಿಗೂ, ಸಂಗ್ರಾಹಕವು ಫಲಕಕ್ಕೂ (ಆನೋಡಿಗೂ) ಮತ್ತು ತಳವು ಜಾಲಕ್ಕೂ ಸರಿಸಮವಾಗಿರುವುವು. ವಿಸರ್ಜಕದಿಂದ ಹೊರಡುವ ತಂತಿಯು ನಿವೇಶ ಮತ್ತು ಸಂಗ್ರಾಹಕದಿಂದ ಹೊರಡುವ ತಂತಿಯು ನಿರ್ಗಮ.

ಚಿತ್ರ 6.8ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ ಎರಡು *p–n* ಸಂಧಿಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದೆ. ಎಡಗಡೆಯಲ್ಲಿರುವುದು ಎರಡು *p*–ಪದರಗಳ ನಡುವೆ *n*–ಪದರ

ವುಳ್ಳ *p–n–p* ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್. *p*–ಪದರವು ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬಹುದು, ಆಗ *n–p–n* ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ ಆಗಿರುವುದು (ಬಲಗಡೆ).

ವಿಸರ್ಜಕಕ್ಕೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದು ಧನ ವಾಲುವಿಕೆ (positive bias) ಕೊಡಲಾಗುವುದು, ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಸಾಗಿಸುವ ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯಾತ ವಾಹಕಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುವು. ಕಡಿಮೆ ಪ್ರತಿರೋಧವಿರುವ ವಿಸರ್ಜಕದ ಪರಿಪಥವು ಅಧಿಕ ಪ್ರತಿರೋಧವಿರುವ ಸಂಗ್ರಾಹಕ ಪರಿಪಥದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡಿಸಿದಾಗ, ಶಕ್ತಿವರ್ಧನವು ಏರ್ಪಡುವುದು.

ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರುಗಳನ್ನು ಪರಿಪಥದೊಳಗೆ ಸೇರಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕ ಗಳಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪಾದಕಗಳಾಗಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಮಾರ್ಗ ಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ನಿರ್ವಾತ–ನಳಿಕೆ ತ್ರಿಧ್ರುವಗಳ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಹೋಲುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಆಧುನಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಈ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಭಾಗವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರ

ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರ ಅಥವಾ ಪ್ರೇಷಣದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳನ್ನು ಪ್ರಸಾರ ನಿಲಯದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು (power rating) ಆಧರಿಸಿ ವರ್ಗೀಕರಣ ಮಾಡಬಹುದು. ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಸಾರ ನಿಲಯಗಳು ಒಂದು ಮೆಗಾವಾಟ್‌ವರೆಗಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಪ್ರೇಷಣಮಾಡುತ್ತವೆ. 31416 P ಅನುಮತಿ ನಂಬರು (license number) ಇರುವ ಒಂದು ಲಾಡಾ ಕಾರು ನಿಲ್ಲು ದೀಪವನ್ನು ಅತಿಕ್ರಮಿಸಿ ಮುಂದೆ ಹೋಗಿದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಬೇಕು, ಎಂದು ಒಬ್ಬ ಸಂಚಾರ ಪೋಲಿಸ್ ಅಧಿಕಾರಿಯು ತನ್ನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗೆ ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಡುವುದ ಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಾಕೀ–ಟಾಕೀ (Walkie-talkie) ಬಗೆಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರೇಷಕವು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿವಾಟ್‌ಅಷ್ಟು ವಿಕಿರಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆಯಾದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಸಾಕಾಗು ವುದು.

ಹಲವು ಮೀಟರುಗಳ ಉದ್ದವಿರುವ ತರಂಗಗಳೊಡನೆ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುವ ಪ್ರಸಾರ ನಿಲಯಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಹಲವು ಡಜನ್ ಸೆಂಟಿಮೀಟರುಗಳ ಅಥವಾ ಒಂದು ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿನ ಒಂದು ಭಿನ್ನಾಂಶದಷ್ಟೇ ಉದ್ದವಿರುವ ಅತಿ ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗ ಗಳೊಡನೆ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುವ ಪ್ರಸಾರ ನಿಲಯಗಳಿಗೂ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ರಚನಾ ಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿವೆ. ತರಂಗಾಂತರ ಮತ್ತು ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗಳ ಪ್ರತಿಯೊಂದರೊಳಗೂ, ಪ್ರಸಾರ ನಿಲಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಯು ಸ್ಥಳ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉದ್ದೇಶಗಳು, ಆರ್ಥಿಕ ಪರ್ಯಾಲೋಚನೆಗಳು ಅಥವಾ ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಸಹಜ ಜ್ಞಾನ ಮಾತ್ರ ಇವುಗಳಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುವ ಪರಿ ಪಥಗಳ ಮತ್ತು ವಿನ್ಯಾಸ ಕ್ರಮಗಳ ಅಗಾಧ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದನ್ನಾದರೂ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರೇಷಕದ ಮೂಲ ಭಾಗವು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗ ಉತ್ಪಾದಕ ಅಥವಾ ಆಂದೋಲಕ. ನೀವು ಯಾವ ಬಗೆಯದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಿರಿ ? ನಿಮಗೆ ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ ಐದು ವಿಧಗಳ ಆಯ್ಕೆಯ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವಿದೆ. ನೀವು ಒಂದು ನಿರ್ವಾತ–ನಳಿಕೆ ಆಂದೋಲಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಅದರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಅತಿ ವಿಸ್ತಾರವಾದುದಾಗಿರುವುದು. ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಒಂದು ವಾಟ್‌ನ ಹಲವು ಭಿನ್ನಾಂಶಗಳಿಂದ ನೂರಾರು ಕಿಲೋವಾಟ್‌ಗಳಷ್ಟರವರೆಗೂ ಮತ್ತು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಹಲವು ಡಜನ್ ಕಿಲೋಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗಳಿಂದ ಹಲವು ಗೀಗಾ ಹರ್ಟ್ಸ್ ಗಳಷ್ಟರವರೆಗೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಬಹುದು. ಆದರೆ ನಿಮ್ಮ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಅವಶ್ಯ ಕತೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಸುಮಾರು ಒಂದು ವಾಟ್‌ನ ಹತ್ತರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗ ದಷ್ಟು ಇದ್ದರೆ, ಒಂದು ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ ಆಂದೋಲಕವು ಮಾತ್ರ ನಿಮಗೆ ಯುಕ್ತ ವಾಗಿರುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ನಿಮ್ಮ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯು ನೂರಾರು ವಾಟ್‌ಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಈಗ ಸದ್ಯಕ್ಕೆ (ಬಹುಶಃ ಬಹುಕಾಲದ ವರೆಗೂ ಇರಲಾರದು) ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ ಆಂದೋಲಕವನ್ನು ನೀವು ನಿರಾಕರಿಸಬೇಕಾಗು ವುದು. ಆದಾಗ್ಯೂ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಪರಿಮಾಣವು ಎರಡು ವಿಧದ ಆಂದೋಲಕ ಗಳನ್ನೂ ಫಲಕಾರಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಹಾಗಿದ್ದರೆ, ನಿಲಯ ನಿರ್ಮಾಪಕನು

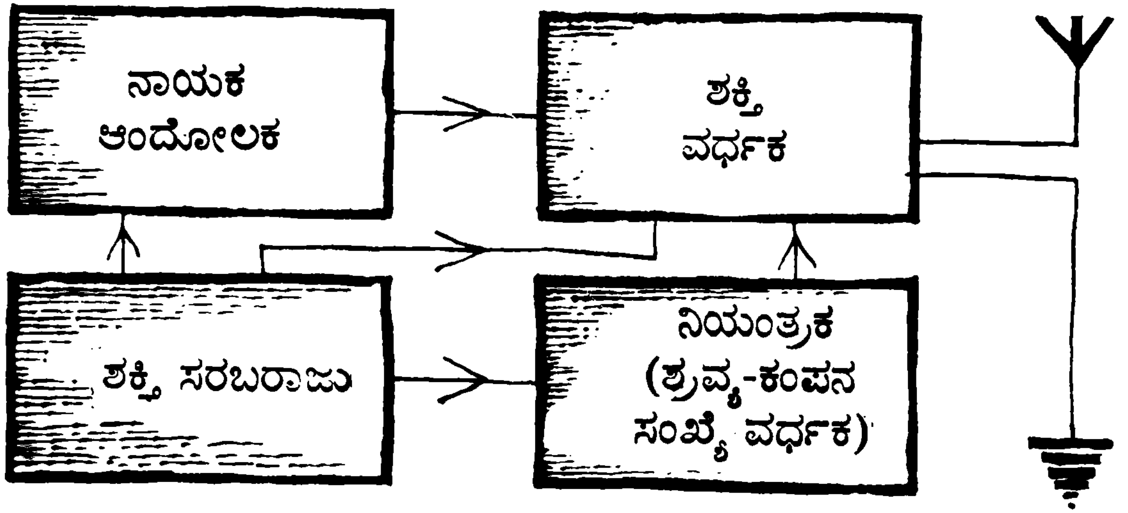
ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ ಮಾದರಿಯನ್ನೇ ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವನು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಇಂತಹ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ಸಾಧನೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಅಂದವಾದುದು ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಪ್ರೇಷಕವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಅವಶ್ಯಕವಾದರೆ ನಿರ್ವಾತ-ನಳಿಕೆ ಆಂದೋಲಕವಿರುವ ಪ್ರೇಷಕಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭವಾಗಿ ಒಯ್ಯಲಾಗುವ ಮಾದರಿಯಾಗಿ ಪರಿಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು.

ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟ್ರಾನ್ (Magnetron) ಮತ್ತು ಕ್ಲೈಸ್ಟ್ರಾನ್ (Klystron) ಆಂದೋಲಕಗಳು ವಿಶೇಷ ರೂಪದ ಉಪಯೋಗಗಳಿಗೆ ಬರುವವು. ಮೊದಲನೆಯದು ಅವಕಾಶದೊಳಕ್ಕೆ ಹಲವಾರು ಮೆಗಾವಾಟ್‌ಗಳ ಸ್ಪಂದಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟ್ರಾನ್ ಆಂದೋಲಕಗಳು ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುವ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ತಂಡವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಅಗಲದ್ದಾಗಿರುವುದು : ಅದು ಸುಮಾರು 300 ಮೆಗಾಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗಳ ಮತ್ತು 300 ಗೀಗಾಹರ್ಟ್ಸ್‌ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವುದು.

ಕ್ಲೈಸ್ಟ್ರಾನ್ ಆಂದೋಲಕಗಳನ್ನು ಅತಿ ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳ ಅದೇ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಅವುಗಳ ಉಪಯೋಗವು ಕಡಿಮೆ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ನಿಲಯುಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ : ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ತಂಡದಲ್ಲಿ ಹಲವು ವಾಟ್‌ಗಳಿಗೆ ಮೀರದಂತೆ ಮತ್ತು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರ್ ತಂಡದಲ್ಲಿ ಹಲವು ಮಿಲ್ಲಿವಾಟ್‌ಗಳಿಗೆ ಮೀರದಂತೆ.

ಕಡೆಯ ಎರಡು ಬಗೆಯ ಆಂದೋಲಕಗಳೂ ಮತ್ತು ಐದನೆಯ ಬಗೆಯ ಕ್ವಾಂಟಂ ಆಂದೋಲಕವೂ, ಅತ್ಯಂತ ವಿಶಿಷ್ಟ ಲಕ್ಷಣಗಳುಳ್ಳವುಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ ಮತ್ತು ನಿರ್ವಾತ-ನಳಿಕೆ ಪ್ರೇಷಕಗಳಾದರೋ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಹೋಲುತ್ತವೆ. ಒಂದು ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆಗೆ ಬದಲು ಅದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರನ್ನು ಬಳಸುವುದಕ್ಕೆ ಖಚಿತವಾದ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ನಿಯಮ ಒಂದಿದೆ.

ಪ್ರೇಷಕದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗೆ ಬೇಕಾದುದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಆಂದೋಲನಗಳ ಉತ್ಪಾದಕದ ಆಯ್ಕೆ ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲ. ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಆಂದೋಲಕವು (ಇದನ್ನು ನಾಯಕ ಎಂದು ಹೇಳುವರು) ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ವರ್ಧಿಸು



ಚಿತ್ರ 6.9

ವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕು. ವಾಹಕ ತರಂಗವನ್ನು ಶ್ರವ್ಯ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಂದ ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ (modulating) ವಿಧಾನವನ್ನೂ ಅರಿಸಬೇಕು. ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಗ್ರಾಹಕ–ಪ್ರಸಾರಕ ತಂತಿ (antenna) ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಾಗಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಅನೇಕ ಮಾರ್ಗಗಳಿವೆ. ಗ್ರಾಹಕ–ಪ್ರಸಾರಕ ತಂತಿ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೇ ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪ ಕೌಶಲ್ಯವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲು ವಿಶೇಷ ಅವಕಾಶ ನೀಡುವುದು.

ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಗಳು ಅನೇಕ ವೇಳೆ **ತಂಡ ನಕ್ಷೆ** (block diagrams) ಎಂದು ಹೇಳುವ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವರು. ಇಂತಹ ನಕ್ಷೆಯು ಶಿರೋನಾಮುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಹಲವು ಆಯಾಕೃತಿಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದೆ. ಅವಶ್ಯಕತೆ ಬಂದಹಾಗೆಲ್ಲಾ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಆಯಾಕೃತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಿಷಯವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಲಾಗುವುದು. ಒಂದು ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರ ಕೇಂದ್ರದ ತಂಡ ನಕ್ಷೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 6.9ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಒಂದು ಕೇಂದ್ರದ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಕೇಳಲು ಇಚ್ಛಿಸಿ ನಿಮ್ಮ ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಾಹಕವು ಯಾವ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಸರಿಹೋಗುವಂತೆ ಮಾಡುವಿರೋ, ಕೇಂದ್ರದ ನಾಯಕ ಆಂದೋಲಕವು ಅದೇ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ತರಂಗಾಂತರವುಳ್ಳ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವೂ, ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಾಂಗತಿಕವೂ ಆಗಿರುವ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯ ಏಕಾಂಶವು ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕ. ಅದರ ಹೆಸರೇ

ಅದು ಏನೆಂಬುದನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಅದರ ರಚನಾಕ್ರಮುವನ್ನು ನಾವು ವಿವರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಸ್ಥಾಯಿ ನಿಯಂತ್ರಕ (modulator) ಎಂಬ ಭಾಗದ ಕಾರ್ಯವು ಧ್ವನಿ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಸಾರ ಕೇಂದ್ರದ ವಾಹಕ ತರಂಗದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು.

ಸ್ಥಾಯಿ ನಿಯಂತ್ರಣವನ್ನು (modulation) ಹಲವಾರು ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ನೆರವೇರಿಸಬಹುದು. ವಿವರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸುಲಭವಾಗಿರುವುದು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ನಿಯಂತ್ರಣ (frequency modulation). ಅನೇಕ ರಚನಾ ಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಧ್ವನಿವರ್ಧಕವು (microphone) ಧ್ವನಿಯ ಒತ್ತಡದಿಂದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಪಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕವುಳ್ಳ ಒಂದು ಕೆಪಾಸಿಟರ್. ಏಕೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕವು ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಇಂತಹ ಕೆಪಾಸಿಟರನ್ನು ತರಂಗವನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವ ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಲಾಗಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಆಗ ತರಂಗದ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ಧ್ವನಿ ಒತ್ತಡದೊಡನೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

ನಾವು ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥವನ್ನು ನಮ್ಮ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಧ್ವನಿವರ್ಧಕದೊಡನೆ "ಆಕ್ರಮಣ" ಮಾಡಿರುವುದರಿಂದ, ನಿಖರವಾದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಒಂದು ತಂಡವು ಅವಕಾಶದೊಳಕ್ಕೆ ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡಲ್ಪಡುವುದು. ಆದರ್ಶ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಹರಡುವಿಕೆಯು ಸಂಪೂರ್ಣ ಶ್ರವ್ಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಅಂತರವನ್ನು (ಇದು ಸುಮಾರು 20 kHz ಸಮವಾಗಿದೆ ಎಂದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ) ಒಳಗೊಂಡಿರಬೇಕೆಂಬುದು ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು.

ಪ್ರಸಾರ ನಿಲಯವು ಸುಮಾರು 100 kHz ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸರಿಹೊಂದುವ ಉದ್ದದ ತರಂಗಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಸಾಗುತಂಡವು (pass-band) ವಾಹಕದ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯ ಸುಮಾರು ಐದರಲ್ಲಿ ಒಂದರಷ್ಟಿರುವುದು. ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸೇರದಿರುವ ಪ್ರಸಾರ ನಿಲಯಗಳ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಉದ್ದವಾದ ತರಂಗಗಳು ಉಪಯುಕ್ತವಲ್ಲವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವುದು. ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳ

ವಿಷಯವೇ ಬೇರೆ. 20 MHz ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗೆ, ತಂಡ ವೈಶಾಲ್ಯವು ವಾಹಕ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯ ಕೇವಲ ಒಂದು ಪ್ರತಿ ಶತದ ಒಂದು ಅಂಶದಷ್ಟಿರುವುದು.

ರೇಡಿಯೋ ಕೇಳುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಬೆಣೆ ಕುಳಿ (plug socket) ಇಲ್ಲದಿರುವ ಒಂದು ಮನೆಯೂ ಸೋವಿಯತ್ ರಷ್ಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯಶಃ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಪ್ರಸಾರಗಳನ್ನು ಪುನಃಪ್ರಸಾರ ಜಾಲದಿಂದ ಪಡೆಯುವಿರಿ. ಅದನ್ನು ತಂತಿ ಪ್ರಸರಣ ಎಂದೂ ಕರೆಯುವರು.

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಒಂದೇ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದ ಪುನಃಪ್ರಸಾರ ಜಾಲವು ಮಾಸ್ಕೋದಲ್ಲಿ 1925ರಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಯಿತು. ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ 50 ಧ್ವನಿವರ್ಧಕಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡಲಾಯಿತು.

ಒಂದೇ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದ ಪುನಃಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಶ್ರವ್ಯ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮೂಲಕ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಪ್ರಸಾರ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವು ಕೇಂದ್ರ ಧ್ವನಿವರ್ಧನ ನೆಲೆಗೆ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ರವಾನಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಕೇಂದ್ರ ನೆಲೆಯಿಂದ, ಪುನಃ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ, ಅದು ನಿಯಂತ್ರಕ ಸ್ಥಾನಗಳಿಗೆ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಡುವುದು, ಅಲ್ಲಿ ಪುನಃ ವರ್ಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಪ್ರಧಾನ ಉಪ ತಂತಿ ಮಾರ್ಗಗಳ ಮೂಲಕ ಪರಿವರ್ತಕ ಉಪ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಗೆ ರವಾನಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಉಪ ಕೇಂದ್ರದಿಂದಲೂ ತಂತಿಗಳು ಕೆಳಗಿನ ಹಂತದ ಉಪ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಗೆ ಕವಲಾಗುವವು. ಪಟ್ಟಣ ಅಥವಾ ಪ್ರದೇಶದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನನುಸರಿಸಿ, ಜಾಲದಲ್ಲಿನ ಹಂತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದಾಗಿ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವನ್ನು ತಗ್ಗಿಸುವ ಕಾರ್ಯಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರಬಹುದು. ಚಂದಾದಾರನ ತಂತಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು 30 ವೋಲ್ಟ್‌ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು.

1962ರಿಂದೀಚೆಗೆ; ಮೂರು–ತಂತಿಗಳ ಪುನಃ ಪ್ರಸಾರ ಕ್ರಮವನ್ನು ಸೋವಿಯತ್ ರಷ್ಯದ ಪಟ್ಟಣಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಸ್ವತಂತ್ರ ಜಾಲಗಳ ಮೂಲಕ 78 ಮತ್ತು 120 kHz ಗಳ ವಾಹಕ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳ ವೈಶಾಲ್ಯ ನಿಯಂತ್ರಣದ (amplitude modulation) ಸಹಾಯದಿಂದ ಎರಡು ಅಧಿಕ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳ ಪ್ರೇಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಮನೆಯಲ್ಲಿ ನಿಮ್ಮ ಮಾಯಾಕ್ (Mayak)

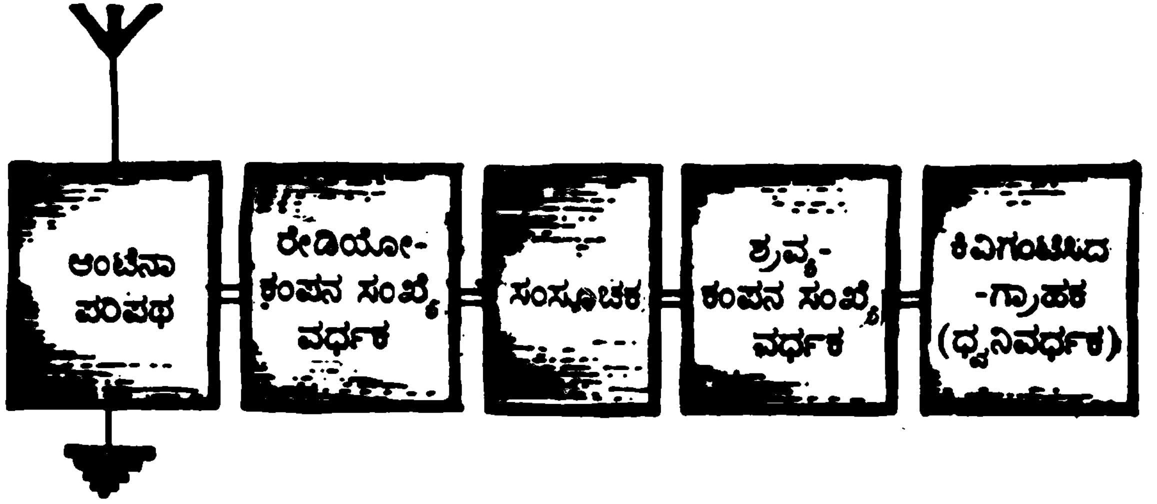
ತಂತಿ ಪ್ರಸರಣ ಗ್ರಾಹಕವೋ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಮಾದರಿಯ ಬಿರಡೆಯನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿದಾಗ ಈ ಎರಡು ಪ್ರಸಾರಗಳು ನಿಯಂತ್ರಣ ಶೂನ್ಯಪಡಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ (demodulated) (ಅಂದರೆ ಧ್ವನಿಯನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ, ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಶೋಧಿಸಿ ತೆಗೆಯಲಾಗುವುದು).

ಹೀಗಾಗಿ ಮೂರು ಕಾರ್ಯಕ್ರಮ ಪುನಃ ಪ್ರಸರಣದಲ್ಲಿ, ಒಂದೇ ತಂತಿಯು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತದೆ : ಪ್ರಧಾನ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವು ಶ್ರವ್ಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎರಡು ನಿಯಂತ್ರಣ ಶೂನ್ಯ ಪಡಿಸದೆ ಇರುವವು. ಆದುದರಿಂದ ಪ್ರಸಾರಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ವಿರೋಧವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಸರಳವಾದ ಕಲ್ಪನೆ ಆದರೆ ಎಷ್ಟು ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ! ಮಿತವ್ಯಯ, ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹತೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಸರಣಗಳ ಉಚ್ಚಮಟ್ಟದ ಯಥಾರ್ಥತೆ ಇವುಗಳು ತಂತಿ ಪ್ರಸರಣಕ್ಕೆ ಭಾರಿ ಭವಿಷ್ಯವಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಟೆಲಿವಿಷನ್‌ಗಾಗಿ ತಂತಿ ಜಾಲಗಳ ಸ್ಥಾಪನೆಯನ್ನೂ ಸೇರಿಸಬೇಕು.

ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಹಣ

ರೇಡಿಯೋ ವಾರ್ತಾ ಗ್ರಾಹಕ ಸಲಕರಣೆಗಳು ಅಸಂಖ್ಯಾತವಾದ ರಚನಾ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ. ರೇಡಿಯೋ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅತಿ ತೀವ್ರಗತಿಯಿಂದ ಪ್ರವರ್ಧಮಾನವಾಗುತ್ತಿದೆ, ಇದರಿಂದಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಗಳು ಬಹಳ ಬೇಗ ಬಳಕೆ ತಪ್ಪಿದ್ದವುಗಳಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿ ವರ್ಷವೂ ಹಿಂದಿನವುಗಳಿಗಿಂತ ಉತ್ತಮವಾಗಿರುವ ಹೊಸ ಸಾಮಾನುಗಳು ಅಂಗಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುತ್ತವೆ.

ವಾರ್ತಾ ಗ್ರಾಹಕಗಳು "ಉತ್ತಮ"ವಾಗಿರುವವು ಎಂದು ಹೇಳುವುದರ ಅರ್ಥವೇನು ? ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಷಯವು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರವು ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ವಾಚಕನಿಗೂ ಗೊತ್ತಿರುವುದು. ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ವಾರ್ತಾ ಗ್ರಾಹಕ ಸಲಕರಣೆಯು ಪ್ರಸಾರ-ಗ್ರಾಹಕ ತಂತಿಯನ್ನು (antenna) ಬಂದು ಸೇರುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಬೇಕಾಗಿರುವ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಬೇರ್ಪಡಿಸಬೇಕು. ಈ ಗುಣಕ್ಕೆ **ವರಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ**



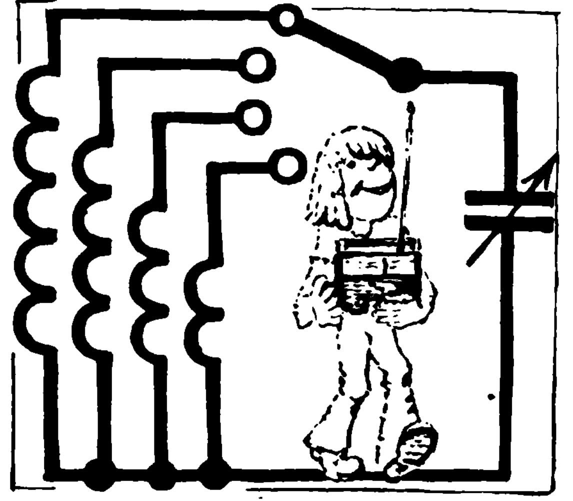
ಚಿತ್ರ 6.10

(selectivity) ಎಂದು ಹೆಸರು. ರೇಡಿಯೋ ಸಲಕರಣೆಯು ಆದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿಯಾಗಿರಬೇಕು, ಅಂದರೆ ಅದು ಅತ್ಯಂತ ದುರ್ಬಲವಾದ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನೂ ಗ್ರಹಿಸುವ ಶಕ್ತಿ ಪಡೆದಿರಬೇಕು. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಯಥಾರ್ಥತೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬೇಕು, ಅಂದರೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸಿ ಕೇಳುತ್ತಿರುವ ನಿಲಯದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾದ ವಾರ್ತೆ ಮತ್ತು ಸಂಗೀತವನ್ನು ಏನೇನೂ ವಿಕೃತಗೊಳಿಸದೆ ಪುನರುತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಬೇಕು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವ, ವರಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಮತ್ತು ಯಥಾರ್ಥತೆ. ಪ್ರಾಯಶಃ ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಸೇರಿಸಬಹುದು : ಸಲಕರಣೆಯು ಎಲ್ಲಾ ತರಂಗ ತಂಡಗಳಲ್ಲಿಯೂ (wave band) ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡಬೇಕು.

ಚಿತ್ರ 6.10ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ನೇರವಾದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯಾವರ್ಧನವನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಗ್ರಾಹಕದ ತಂಡ ನಕ್ಷೆಯು ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಇರುವುದು. ಮೊದಲಿಗೆ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಬೇಕು ಮತ್ತು ಪ್ರಸಾರ ನೆಲೆಯ ತರಂಗವು ಗ್ರಾಹಕ–ಪ್ರಸಾರಕ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ (ಅಂಟೆನಾದಲ್ಲಿ) ಉಂಟುಮಾಡುವ ರೇಡಿಯೋ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಪರಿವರ್ಧಿಸಬೇಕು. ನಂತರ ಏಕಮುಖೀಕರಣ (rectification) ಅಥವಾ ನಿಯಂತ್ರಣ ಶೂನ್ಯ ಮಾಡ

/21—0264



ಚಿತ್ರ 6.11

ಬೇಕು, ಇದು ವಾಹಕ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು "ಕಳೆದು ಹಾಕಿ" ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ದಿಂದ ಧ್ವನಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಾರ್ತಾ ವಿಷಯವನ್ನು ಶೋಧಿಸಿ ತೆಗೆಯುವ ಕಾರ್ಯ ಕ್ರಮಕ್ಕೆ ಹೆಸರು. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಶ್ರವ್ಯ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಗಾಗಿ ಇನ್ನೂ ಒಂದು ಧ್ವನಿವರ್ಧಕವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಮುಕ್ತಾಯ ಘಟ್ಟವು ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಧ್ವನಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ (ಚಲನಾತ್ಮಕ– dynamic) ಧ್ವನಿವರ್ಧಕದಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕಿವಿಗಂಟಿಸಿದ ಗ್ರಾಹಕ ಗಳಿಂದಾಗಲಿ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಈ ಎರಡನೆಯವುಗಳನ್ನು ತಮ್ಮ ನೆರೆಹೊರೆಯ ವರಿಗೆ ತೊಂದರೆಯಾಗಬಾರದೆಂಬ ಭಾವವುಳ್ಳ ದಾಕ್ಷಿಣ್ಯಪರರಾದ ಜನರು ಬಳಸುವರು.

ಗ್ರಾಹಕ ಸಲಕರಣೆಯ ಆಂಟೆನಾವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಹಲವಾರು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯಾ ತಂಡಗಳ ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥಗಳಿಗೆ ಪ್ರೇರಣಿಕವಾಗಿ ಸಂಬಂಧಗೊಳಿಸಿದೆ. ತಂಡ ಸ್ವಿಚ್ಚಿನ ಬಿರಡೆಯನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿದಾಗ, ಚಿತ್ರ 6.11ರಲ್ಲಿ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ತೋರಿ ಸಿರುವ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನಾವು ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ತಂಡದ ಮಿತಿ ಯೊಳಗೂ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥದ ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕವನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಮಾಡಿ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು ಸಮಸ್ವರಿತ ("ಶ್ರುತಿ"

tune) ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯ ಆಯ್ಕೆಯನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಫಲಕಾರಿಯಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಸಲಕರಣೆಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಆಂದೋಲಕ ಪರಿಪಥದ ಅನುರಣನ ವಕ್ರರೇಖೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಸ್ವಯಂಚಲಿವಾಹನದಲ್ಲಿನ ರೇಡಿಯೋ ಸಲಕರಣೆಯ ವಿಧಿಗಳ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿರುವ ವಿಶಿಷ್ಟ ವಿವರಣೆಗಳನ್ನು ನೋಡುತ್ತಿದ್ದೇನೆ. ಅದರ ವರಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಉದ್ದ ಮತ್ತು ಮಧ್ಯಮ–ತರಂಗ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯಾ ತಂಡಗಳಿಗೆ 9 kHz ಗಳ ಅನುರಣನದೊಳಗೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದು ನಾವು ಸೇರಬಹುದಾದ ಮಿತಿಯೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ಒಂದು ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಾಹಕದ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವು ಪ್ರಸಾರವಾದುದನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕೇಳಲು ಬೇಕಾಗುವ ಆಂಟೆನಾದ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲದಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುವುದು (ಈ ನಿರೂಪಣೆಯು ಬಹಳ ನಿಖರವಾದುದು ಎಂದು ಹೇಳಲಾರೆ). ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನದ ರೇಡಿಯೋ ಸಲಕರಣೆಯಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವು ಉದ್ದವಾದ ತರಂಗಗಳಿಗೆ 175 muV ಗಿಂತಲೂ ಮತ್ತು ಅತಿ ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳಿಗೆ 5 muV ಗಿಂತಲೂ ಉತ್ತಮವಾಗಿರುವುದು.

ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಕತ್ವವು ವರ್ಧನ ಗುಣಾಂಕ (amplification factor) ಮತ್ತು ಸಲಕರಣೆಯ ಗದ್ದಲ (noise) ಇವುಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ರೇಡಿಯೋ ಸಲಕರಣೆಗಳ ವರ್ಧನ ಗುಣಾಂಕಗಳು 10^5 ರಿಂದ 10^8 ರವರೆಗೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವವು. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ನಾನು ಕೇಳಬೇಕೆಂದಿರುವ ಪ್ರಸಾರ ನಿಲಯವು ಗ್ರಾಹಕದ ಆಂಟೆನಾದಲ್ಲಿ ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ 10^{-8} muV ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಬೇಕು.

ರೇಡಿಯೋ–ತರಂಗ ಪ್ರಸಾರ

ಅತ್ಯಂತ ಸರಳವಾದ ದೃಷ್ಟಾಂತವೆಂದರೆ ಶೂನ್ಯ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಪ್ರಸಾರ. ಹೋಲಿಕೆಯಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪವೇ ದೂರದಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರೇಷಕವನ್ನು ಒಂದು ಬಿಂದು ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಹಾಗಾದರೆ, ರೇಡಿಯೋ

ತರಂಗಾಗ್ರವು (wave front) ಗೋಳಾಕಾರವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಪ್ರೇಷಕವನ್ನು ಸಕೇಂದ್ರೀಯವಾಗಿ ಸುತ್ತುವರಿದಿರುವ ಹಲವು ಗೋಳಗಳನ್ನು ನಾವು ಊಹಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ಶಕ್ತಿಯ ಲೀನತೆ (absorption) ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ, ಗೋಳದ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ಅವ್ಯತ್ಯಸ್ತವಾಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ಅದರ ತ್ರಿಜ್ಯದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸಮಾನುಪಾತ ವಾಗಿರುವುದೆಂದು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿದೆಯಷ್ಟೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ತರಂಗ ತೀವ್ರತೆಯು, ಅಂದರೆ ಕಾಲದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ತರಂಗದ ಪ್ರಸಾರದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಏಕಮಾನದ ಮೂಲಕ ತರಂಗದಿಂದ ಸಾಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು ಉತ್ಪನ್ನ ಮೂಲದಿಂದ ನಾವು ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ದೂರದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು.

ಈ ಮುಖ್ಯವಾದ ನಿಯಮವು, ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಸಣ್ಣ ಅಗಲವುಳ್ಳ ಸದಿಶ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ವಿಶೇಷ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು.

ಸದಿಶ ರೇಡಿಯೋ ಕಿರಣಜಾಲಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಅನೇಕ ವಿಧಾನಗಳಿವೆ. ಒಂದು ಮಾರ್ಗವು ಸರಿಯಾದ ಕಿರಣಜಾಲ ಅಥವಾ ಆಂಟೆನಾ ವ್ಯೂಹವನ್ನು ಉಪ ಯೋಗಿಸುವುದು. ಆಂಟೆನಾಗಳನ್ನು ಅವುಗಳು ಪ್ರೇಷಣೆ ಮಾಡುವ ತರಂಗಗಳು ಸರಿಯಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ "ಗೂನಿಗೆಗೂನು ಸೇರಿರುವಂತೆ" ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಹಾಗೆ ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಆಕೃತಿಗಳುಳ್ಳ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಕ ಗಳನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಸಮ ಪರಿಮಾಣವುಳ್ಳ ಅಡಚಣೆಯನ್ನು ಸಂಧಿಸಿದಾಗ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುವುದರಿಂದಾಗಲಿ, ವಿಕ್ಷೇಪಣ (dispersed) ಪಡುವುದರಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ವಕ್ರೀಕರಣದಿಂದಾಗಲಿ ಅವು ಗಳು ಪ್ರಸಾರದ ಸರಳ ರೇಖಾತ್ಮಕ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಹೋಗಬಹುದು.

ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಆಸಕ್ತಿಕರವಾದ ವಿಷಯವೆಂದರೆ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ತರಂಗಗಳ ವರ್ತನೆ. ತರಂಗಾಂತರವನ್ನವಲಂಬಿಸಿ

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ದೃಷ್ಟಾಂತವೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅದ್ವಿತೀಯವಾದುದಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸ ಬಹುದು.

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮತ್ತು ವಾಯುಮಂಡಲದ ವೈದ್ಯುತೀಯ ಗುಣ ಗಳು ಅತಿ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಾಧಾನ್ಯತೆಯುಳ್ಳವುಗಳು. ಮೇಲ್ಮೈಯು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವಾಹಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು "ಬಿಟ್ಟು ಕೊಡು ವುದಿಲ್ಲ". ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಒಂದು ಲೋಹವನ್ನು (ಅಷ್ಟೇಕೆ, ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವನ್ನು) ಲಂಬವಾಗಿ ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ.

ಈಗ ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರೇಷಣವು ಸಮುದ್ರದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಆಗುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಸಮುದ್ರದ ನೀರು ವಿಲೀನವಾಗಿರುವ ಲವಣ ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದು ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷ್ಯ (electrolyte). ಸಮುದ್ರದ ನೀರು ಒಳ್ಳೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು "ಬಿಗಿಹಿಡಿಯುತ್ತದೆ" ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಸಮುದ್ರದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಅದನ್ನನುಸರಿಸಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ತುಂಬ ಹೆಚ್ಚು ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆ ಇಲ್ಲದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಗೆ, ಬಯಲು ಗಳೂ ಮತ್ತು ಮರನಿಬಿಡವಾದ ಪ್ರದೇಶಗಳೂ ಕೂಡ ಒಳ್ಳೆಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಗಳು. ಅಂದರೆ ಬಯಲುಗಳೂ ಮತ್ತು ಕಾಡುಗಳೂ ಉದ್ದವಾದ ತರಂಗಗಳ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ ಲೋಹಗಳಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ.

ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ, ಉದ್ದವಾದ ತರಂಗಗಳು ಭೂಮಿಯ ಪೂರ್ತಿ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಹಿಡಿದಿಡಲ್ಪಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಭೂಗೋಳವನ್ನು ಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆ ಮಾಡ ಬಲ್ಲವು. ಪ್ರಾಸಂಗಿಕವಾಗಿ, ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು. ಒಂದು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗವು ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತಲು ಒಂದು ಸುತ್ತು ಹೋಗಿಬರುವುದಕ್ಕೆ 0.13 ಸೆಕೆಂಡ್ ಹಿಡಿಯುವುದೆಂದು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪಿಗಳಿಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. ಪರ್ವತಗಳ ವಿಷಯವೇನು? ಉದ್ದವಾದ ತರಂಗಗಳ ಸಂಬಂಧ ವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಪರ್ವತಗಳು ಅಷ್ಟೇನೂ ಎತ್ತರವಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಒಂದು

ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ಉದ್ದದ ತರಂಗವು ಸುಲಭವಾಗಿಯೇ ಒಂದು ಪರ್ವತವನ್ನು ಸುತ್ತಿ ಹೋಗಬಲ್ಲುದು.

ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳ ದೂರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಗ್ರಹಣದ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ಅಯಾನು ಮಂಡಲ (ionosphere) ಇರುವುದರ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಪಟ್ಟಿದೆ. ಸೂರ್ಯನ ಕಿರಣಗಳು ವಾಯುಮಂಡಲದ ಮೇಲ್ಗಡೆಯ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿನ ವಾಯುವಿನ ಅಣು ಗಳನ್ನು ಒಡೆಯಬಲ್ಲವು. ಅಣುಗಳು ಅಯಾನುಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು 100 ರಿಂದ 300 ಕಿ.ಮೀ. ಎತ್ತರಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಪದರ ಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವವು. ಹೀಗಾಗಿ ಕಡಿಮೆ ಉದ್ದದ ತರಂಗಗಳು ಚಲಿಸುವ ಅವಕಾಶವು ಎರಡು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ನಡುವೆ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕದ ಒಂದು ಪದರ.

ಬಯಲುಗಳೂ ಮತ್ತು ಕಾಡು ಪ್ರದೇಶಗಳೂ ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳ ನಿಕೃಷ್ಟವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕಗಳಾದ್ದರಿಂದ, ಅವುಗಳು ಈ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಲಾರವು. ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳು ಶೂನ್ಯ ಅವಕಾಶದೊಳಕ್ಕೆ ತಮ್ಮ ಪ್ರವಾಸವನ್ನು ಆರಂಭಿಸುವವು ಆದರೆ ಅಯಾನುಮಂಡಲವನ್ನು ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ. ಇದು ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಲೋಹದ ಮೇಲ್ಮೈಯಂತೆ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿಸುತ್ತದೆ.

ಅಯಾನುಮಂಡಲವು ಏಕರೂಪವಲ್ಲದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಯಾನೀಕೃತವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಇದು ದಿನದಿಂದ ರಾತ್ರಿಯ ವೇಳೆಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹ್ರಸ್ವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪಥಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ಚಲಿಸಬಹುದು. ಅವು ಅಯಾನುಮಂಡಲದಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯಿಂದಲೂ ಪುನಃ ಪುನಃ ಪ್ರತಿ ಫಲಿತವಾಗಿ ಆಮೇಲೆ ನಿಮ್ಮ ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಾಹಕಕ್ಕೆ ಬಂದು ಸೇರಬಹುದು. ಯಾವುದೇ ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗದ ಪರಿಣಾಮವು ಅದು ಅಯಾನುಮಂಡಲ ಪದರ ದೊಂದಿಗೆ ಮಾಡುವ ಕೋನವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕೋನವು ಸಮಕೋನಕ್ಕೆ ಸುಮಾರು ಸಮವಾಗಿದ್ದರೆ ಪ್ರತಿಫಲನವೇರ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ತರಂಗವು ಪದರ ದೊಳಗೆ ಹಾದು ಹೊರಗಿನ ಅವಕಾಶಕ್ಕೆ ಸಾಗುವುದು. ಆದರೆ, ಹೆಚ್ಚು ಸಂದರ್ಭ

ಗಳಲ್ಲಿ, ಪೂರ್ಣ ಆಂತರಿಕ ಪ್ರತಿಫಲನವು (total internal reflection) ಸಂಭವಿಸುವುದು ಮತ್ತು ತರಂಗವು ಭೂಮಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತದೆ.

ಅಯಾನುಮಂಡಲವು ಅತಿ ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳಿಗೆ ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿರುವುದು. ಇಂತಹ ತರಂಗಗಳ ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಹಣವು ದೃಷ್ಟಿರೇಖೆಯ (line of sight) ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ (ಗ್ರಾಹಕ ಆಂಟೆನವು ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಆಂಟೆನದ ದೃಷ್ಟಿ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯೊಳಗೆ ಇದ್ದು) ಅಥವಾ ಸುದ್ದಿ ಸಂಸರ್ಗ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದಲೂ ಆಗಬಹುದು. ನಮ್ಮ ತರಂಗವನ್ನು ಉಪಗ್ರಹದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದರೆ, ಅದರಿಂದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿತವಾಗುವ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಅಗಾಧವಾದ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಿಸಬಹುದು.

ರೇಡಿಯೋ ಮತ್ತು ಟಿ.ವಿ. (TV) ಗ್ರಹಣವು ಅತಿ ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲಕ ಆಗುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಸುದ್ದಿ ಪ್ರಸರಣ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೊಸ ಯುಗದ ಉದಯವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದವು.

ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್, ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರ್ ಮತ್ತು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರಿನ ಅಂಶ ಭಾಗ ಉಳ್ಳ ತರಂಗಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಸದವಕಾಶಗಳೇರ್ಪಡುವವು. ಈ ಉದ್ದದ ತರಂಗಗಳು ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗಬಹುದು. ಆದರೂ, ಕೆಲವು "ಕಿಟಕಿ"ಗಳು ಇವೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು ಮತ್ತು ಸೂಕ್ತವಾದ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ದ್ಯುತೀಯ ತಂಡದ (optical band) ಒಳಗಿರುವ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇಂತಹ ತರಂಗಗಳ ಪ್ರಯೋಜನಗಳು ಸುವಿದಿತವಾಗಿಯೇ ಇವೆ : ಕಡಿಮೆ ಅಗಲದ ತರಂಗ ತಂಡದ ಒಳಗೆ ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ವ್ಯಾಪಿಸದಿರುವ ಪ್ರಸಾರಗಳ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು "ಜೋಡಿಸ"ಬಹುದು.

ರೇಡಾರ್

ರೇಡಾರಿನ (*r*adio *d*etecting *a*nd *r*anging) ಮೂಲ ತತ್ವಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಸರಳವಾಗಿಯೇ ಇವೆ. ಒಂದು ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ, ಅದು

ನಮ್ಮ ಲಕ್ಷ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ನಮ್ಮ ಗ್ರಾಹಕಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತದೆ. ವಸ್ತುವು 150 ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಸಂಜ್ಞೆಯು 1 ಮೈಕ್ರೊ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತದೆ, ದೂರವು 150 ಕಿ.ಮೀ. ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅದು 1 ಮಿಲ್ಲಿ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಹಿಂತಿರುಗುವುದು. ಸಂಜ್ಞೆಯು ಹಿಂತಿರುಗಿ ಬರುವ ದಿಕ್ಕು, ವಿಮಾನವೋ, ಆಕಾಶಬಾಣವೋ ಅಥವಾ ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನವೋ ರೇಡಿಯೋ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸಿದಾಗ ಇದ್ದ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಎಳೆದ ಸರಳರೇಖೆಯನ್ನನುಸರಿಸಿರುವುದು.

ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗವು ಒಂದು ಕೂರ್ಚ ಕಿರಣಜಾಲ (pencil beam) ಆಗಿರಬೇಕು; ಕಿರಣಜಾಲದ ಕೋನವು (ಕಿರಣದ ಶಕ್ತಿಯ ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗವು ಇದರೊಳಗೆ ಕೇಂದ್ರಿತವಾಗಿರುವುದು) ಸುಮಾರು ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯಷ್ಟಿರಬೇಕು.

ತತ್ವವೇನೋ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ತೊಡಕಾದುದಲ್ಲ, ಆದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಸಲಕರಣೆಯು ಸರಳವಾದದ್ದಲ್ಲ. ಆರಂಭಕ್ಕೆ, ಆಂದೋಲಕದ ಬಗ್ಗೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಬೇಡಿಕೆಗಳನ್ನು ಪಾಲಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಮೀಟರ್ ಮತ್ತು ಡೆಸಿಮೀಟರ್ ತಂಡಗಳಿಗೆ (ಇದಕ್ಕಿಂತ ಉದ್ದವಾಗಿರುವ ತರಂಗಗಳು ಸರಿಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ) ನಿರ್ವಾತ-ನಳಿಕೆ ಆಂದೋಲಕಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ತಂಡಕ್ಕೆ ಕ್ಲೈಸ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಮ್ಯಾಗ್ನೆಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

ಸ್ಪಂದನ ಕ್ರಿಯಾವ್ಯವಸ್ಥೆಯು (pulsed system of operation) ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದ ವ್ಯವಸ್ಥೆ. ಬಹಳ ಹ್ರಸ್ವವಾದ ಸ್ಪಂದಗಳನ್ನು ಪುನರಾವರ್ತಿಯಾಗಿ ಅವಕಾಶದೊಳಕ್ಕೆ ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ಆಧುನಿಕ ರೇಡಾರ್ ಪ್ರೇಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಪಂದದ ಕಾಲಾವಧಿ ಅಥವಾ ಉದ್ದವು (ಕಾಲದ) 0.1 ರಿಂದ 10 ಮೈಕ್ರೊಸೆಕೆಂಡುಗಳವರೆಗೆ ವ್ಯಾಪಿಸಿರುವುದು. ಸ್ಪಂದಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕೆಂದರೆ, ಪ್ರತಿಧ್ವನಿ ಸಂಜ್ಞೆಯು ಹಿಂತಿರುಗಿ ಮುಂದಿನ ಸ್ಪಂದವನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಆಗುವ ವಿರಾಮ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಿಸಲ್ಪಡಬೇಕು.

ಒಂದು ವಿಮಾನ ಅಥವಾ ಆಕಾಶಬಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗುವ ಪರಮಾವಧಿ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಮಿತಿಗೊಳಿಸುವ ಏಕಮಾತ್ರ ನಿಬಂಧನೆ ಎಂದರೆ

ವಸ್ತುವು ರೇಡಾರ್ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಹೊರಡುವ ದೃಷ್ಟಿರೇಖೆಯ ಮೇಲಿರಬೇಕು. ಈಗಿನ ರೇಡಾರ್ ಉಪಕರಣ ನೆಲೆಗಳು ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಯಾವ ಗ್ರಹದಿಂದಲಾದರೂ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದು ವಾಚಕನಿಗೆ ತಿಳಿದಿರುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ಅವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ತರಂಗಗಳು ಅಯಾನು ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ ತಡೆಯಿಲ್ಲದೆ ಹಾದು ಹೋಗಬಲ್ಲವುಗಳಾಗಿರಬೇಕು. ಅದೃಷ್ಟವಶಾತ್, ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಕಡಿಮೆಮಾಡುವುದರಿಂದ ರೇಡಾರ್ ಕ್ರಿಯಾಕ್ರಮದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ನೇರವಾದ ಪರಿಣಾಮವಿರುವುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಈ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಪ್ರೇಷಕವಾದ ಸ್ಪಂದದ ಶಕ್ತಿಗೇ ಅಲ್ಲದೆ, ವಿಕಿರಣದ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಸಮಾನುಪಾತವಾಗಿರುವುದು.

ಪ್ರೇಷಿತವಾದ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಸ್ಪಂದಗಳ ಗುರುತುಗಳು ಒಂದು ಆಂದೋಲನ ದರ್ಶಕದ (oscilloscope) (ಕ್ಯಾಥೋಡ್–ಕಿರಣ ನಳಿಕೆ) ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತವೆ. ವಿಮಾನವು ವೀಕ್ಷಕನ ಕಡೆಗೆ ಹಾರುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಪ್ರತಿಧ್ವನಿ ಸಂಜ್ಞೆಯ ಗುರುತು ಪ್ರೇಷಣವಾದ ಸ್ಪಂದದ ಗುರುತಿನ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ.

ರೇಡಾರ್ ನೆಲೆಗಳು ಒಂದು ಸ್ಪಂದನ ಕ್ರಿಯಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದಲೇ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ವಿಮಾನವು ಪ್ರೇಷಕ ಆಂಟೆನಾದ ಕಡೆಗೆ v ವೇಗದೊಡನೆ ಹಾರುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಿ. ರೇಡಿಯೋ ಕಿರಣಜಾಲವು ವಿಮಾನದಿಂದ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುತ್ತಲೇ ಇರುವುದು. ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮದಿಂದಾಗಿ (Doppler effect), ಗ್ರಹಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ತರಂಗಗಳ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ತರಂಗಗಳ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯೊಡನೆ ಹೊಂದಿರುವ ಸಂಬಂಧವು ಹೀಗಿರುವುದು :

$$\mathrm{v}_r = \mathrm{v}_{tr}\left(1 + \frac{2v}{c}\right)$$

ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಅನುರಣನವಾಗುವ ಹಾಗೆ "ಶ್ರುತಿ ಮಾಡಿ" v_r^1 ನ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ವಿಮಾನದ

ವೇಗ v ಅನ್ನು ಗುಣಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕೆ, ಪ್ರೇಷಣವಾದ ಸಂಜ್ಞೆಯ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು 10^9 Hz ಗೆ ಸಮವಾಗಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ವಿಮಾನವೋ ಆಕಾಶಬಾಣವೋ ರೇಡಾರ್ ಆಂಟೆನ ಕಡೆಗೆ 1000 ಕಿ.ಮೀ/ಗಂಟೆ ವೇಗದೊಡನೆ ಬರುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಗ್ರಹಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯು ಪ್ರೇಷಣ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ 1850 Hz ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ವಿಮಾನದಿಂದಾಗಲಿ, ಆಕಾಶಬಾಣದಿಂದಾಗಲಿ, ಉಗಿ ಹಡಗಿನಿಂದಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಸ್ವಯಂಚಲಿ ವಾಹನದಿಂದಾಗಲಿ ಒಂದು ರೇಡಾರ್ ಕಿರಣಜಾಲದ ಪ್ರತಿ ಫಲನವು ಒಂದು ಪ್ರತಿಫಲಕದಿಂದ ಆಗುವ ಹಾಗೆಯೇ ಅಲ್ಲ. ತರಂಗಾಂತರವು ಪ್ರತಿಫಲನ ಮಾಡುವ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಗೆ ಸರಿಸಮಾನವಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿಯೋ ಇರುವುದು, ಅಲ್ಲದೆ ವಸ್ತುವು ತೊಡ ಕಾದ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು. ಕಿರಣಗಳು ವಸ್ತುವಿನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗ ಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟಾಗ ಅವು (ಕಿರಣಗಳು) ಪರಸ್ಪರ ಸಂಘಟಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಪಕ್ಕಗಳಿಗೆ ಚದರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡು ಸಂಭವಗಳಿಂದಾಗಿ ವಸ್ತುವಿನ ಕಾರ್ಯ ಕಾರಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ಅದರ ನಿಜವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಕ್ಕಿಂತ ಬೇರೆಯಾಗಿರು ವುದು. ಇಲ್ಲಿ ಪರಿಕಲನಗಳು ಅತ್ಯಂತ ತೊಡಕಾದವುಗಳು ಮತ್ತು ರೇಡಾರ್ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಾಹಕನ ಕುಶಲತೆ ಮತ್ತು ಅನುಭವ ಇವುಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ರೇಡಾರ್ ಕಿರಣಜಾಲವು ಎಂತಹ ವಸ್ತುವನ್ನು ಸಂಧಿಸಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು.

ರೇಡಾರ್ ಆಂಟೆನಾಗಳನ್ನು ನೀವು ನೋಡಿರುವಿರಷ್ಟೇ : ತಂತಿ ಜಾಲಕ ರಚನೆಯು, ಚಲಿಸುತ್ತಲೇ ಇರುವ, ಅವಕಾಶವನ್ನು ಸಮೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಪ್ರತಿಫಲಕಗಳು. ರೇಡಾರ್ ಪ್ರತಿಫಲಕಕ್ಕೆ ಅನೇಕ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ನೀಡಬಹುದು. ದೃಷ್ಟಾಂತಕ್ಕೆ, ಕಿರಣಜಾಲವು ಅವಕಾಶ ವನ್ನು ಸರಳರೇಖೆಗಳಲ್ಲಾಗಲಿ ಅಥವಾ ವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಾಗಲಿ ಸಮೀಕ್ಷಿಸುವಂತೆ ಅದನ್ನು ಚಲಿಸಬಹುದು. ಈ ವಿಧದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದಿಂದ, ವಿಮಾನದ ದೂರವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದಲ್ಲದೆ ಅದರ ಚಲನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ದೃಶ್ಯತೆ (visibility) ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ ವಿಮಾನವನ್ನು ನಿಲ್ದಾಣಕ್ಕೆ ತಂದು ಸೇರಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಒಂದು ಸ್ವಯಂಚಲಿ ಉಪಕರಣ ದಿಂದಾಗಲಿ ನೆರವೇರಿಸಬಹುದು.

ರೇಡಾರ್ ಸಲಕರಣೆಯನ್ನು "ಮೋಸಗೊಳಿಸಬಹುದು". ಮೊದಲಿಗೆ, ವಸ್ತುವನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವ ಪದಾರ್ಥದಿಂದ ಮುಚ್ಚ ಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಇದ್ದಿಲಪುಡಿ ಅಥವಾ ರಬ್ಬರ್ ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸ ಬಹುದು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಪ್ರತಿಫಲನಾಂಕವನ್ನು (reflection factor) ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ, ಈ ಲೇಪವನ್ನು ಉಬ್ಬು ತಗ್ಗಿರುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ವಿಕಿರಣದ ಹೆಚ್ಚು ಭಾಗವು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಿಗೂ ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಚದರಿಸಲ್ಪಡುವುದು. ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂನ ತೆಳುಹಾಳೆ ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಲೋಹಲೇಪವಾದ ಹುರಿಗಳ ಕಟ್ಟುಗಳನ್ನು ವಿಮಾನದಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಹಾಕಿದರೆ, ರೇಡಾರ್ ಉಪಕರಣವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ದಿಗ್‌ಭ್ರಮೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಈ ತಂತ್ರವನ್ನು ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನ ವಾಯುದಳಗಳು ಮೊದಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದವು. ತಪ್ಪು ರೇಡಿಯೋ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ತುಂಬುವುದು ಮೂರನೆಯ ದಾರಿ.

ರೇಡಾರ್ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪವು ಒಂದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಶಾಂತಿಯುತ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಉಪಯೋಗಗಳಿವೆ. ಇಂದು ರೇಡಾರ್ ಉಪಯೋಗವಿಲ್ಲದೆ ರಕ್ಷಣಾ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮದ ಕಲ್ಪನೆಯು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಲೇಸರ್ (*l*ight *a*mplification by *s*timulated *e*mission of *r*adiation) ರೇಡಾರ್‌ಗೆ ಒಂದು ಪ್ರತಿಸ್ಪರ್ಧಿಯಾಗಿದೆ. ಲೇಸರನ್ನು ನೆಲೆಗೊಳಿಸುವ ಮತ್ತು ವ್ಯಾಪ್ತಿ ನಿರ್ಣಯದ ತತ್ವಗಳು ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿರುವ ತತ್ವಗಳಿಂದ ಏನೂ ಬೇರೆಯಾಗಿಲ್ಲ.

ಆಕಾಶ ವಾಹನಗಳು ಮತ್ತು ಭೂಮಿ ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಸರ್ಗವು ರೇಡಾರ್ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿ ಹೊಂದಿದೆ. ಆಕಾಶ ವಾಹನವನ್ನು ತಮ್ಮ

ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ದೂರದರ್ಶಕಗಳ ಆಂಟೆನಾಗಳು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಪರಿಮಾಣವುಳ್ಳವುಗಳು–ನೂರಾರು ಮೀಟರುಗಳ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳವು. ಶಕ್ತಿಯುತ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರೇಷಕದಿಂದ ಬರುವ ಅತ್ಯಂತ ದುರ್ಬಲವಾದ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಇಂತಹ ದೊಡ್ಡ ಆಂಟೆನಾಗಳು ಬೇಕಾಗುವವು. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ, ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಅಗಲವಿರುವ ರೇಡಿಯೋ ಕಿರಣಜಾಲವು ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವ ಪೂರಿತವಾದದ್ದು. ಆಂಟೆನಾವು ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 2.2 ನೂರು ಕೋಟಿ ಆಂದೋಲನಗಳ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯೊಡನೆ ಕಾರ್ಯಕಾರಿಯಾಗಿದ್ದರೆ (ತರಂಗಾಂತರವು ಸುಮಾರು 1 ಸೆಂ.ಮೀ.), ಕಿರಣಜಾಲವು ಚಂದ್ರಮಂಡಲದ ದೂರದಲ್ಲಿ 1000 ಕಿ.ಮೀ. ವ್ಯಾಸದಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಕಿರಣಜಾಲವು ಅಂಗಾರಕ ಗ್ರಹವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ (3000 ಲಕ್ಷ ಕಿ.ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿ) ಅದರ ವ್ಯಾಸವು ಆಗಲೇ 700 000 ಕಿ.ಮೀ.ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದೇನೋ ನಿಜ.

ಟೆಲಿವಿಷನ್

100ರಲ್ಲಿ 99 ಮಂದಿ ವಾಚಕರು ಪ್ರತಿದಿನವೂ ಒಂದೆರಡು ಗಂಟೆಗಳ ಕಾಲವನ್ನು ಯಾವುದಾದರೂ ಟಿ.ವಿ. ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತ ಕಳೆಯುವುದರಿಂದ, ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಯಂತ್ರ ಕಲ್ಪನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಒಂದೆರಡು ಮಾತುಗಳನ್ನು ಹೇಳುವುದು ಉಚಿತ. ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಪ್ರಸರಣ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಮೂಲತತ್ವಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ವಿವರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ದೂರ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡುವುದರ ಕಲ್ಪನೆಯು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರೇಷಕ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಸಮಚತುರ್ಭುಜಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಒಂದು ಚಚ್ಚೌಕದ ಒಳಗೆ ಕಾಂತೀಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದಿರುವಂತಾಗಲು ಚಚ್ಚೌಕವು 'ಎಷ್ಟು ಸಣ್ಣದಾಗಿರಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ಒಬ್ಬ ಶರೀರ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು (physiologist) ಹೇಳಬಲ್ಲನು. ಚಿತ್ರದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಭಾಗದ ದ್ಯುತೀಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ಒಂದು

ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಜ್ಞೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು. ಆಮೇಲೆ ಈ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಓದುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ಮಾರ್ಗವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಯಿತು. ಇದನ್ನು, ಒಂದು ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಓದುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಮಾಡಬೇಕು. ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿನಂತೆಯೇ, ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಜ್ಞೆಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಾಹಕ ತರಂಗವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತವೆ (modulate). ಇದಾದ ಮೇಲೆ ಏನು ನಡೆಯುವುದು ಎಂಬುದು ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ಇರುವುದು. ನಿಯಂತ್ರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ವರ್ಧನ ಮಾಡಲಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲಾಗುವುದು. ಟಿ.ವಿ. ಗ್ರಾಹಕವು ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಪಂದಗಳನ್ನು ದೃಗ್ಗೋಚರವಾದ ಬಿಂಬವಾಗಿ ಪುನಃ ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಪ್ರೇಷಕದಲ್ಲಿರುವ ಟೆಲಿವೈಸರ್‌ಗೆ (televisor) (ಪರೋಕ್ಷ ವೀಕ್ಷಕ) ಬಿಂಬ ಒಕಿನೋಸ್ಕೋಪ್ (image iconoscope), ಸೂಪರ್ ಆರ್ಥಿಕಾನ್ (superorthicon) ಅಥವಾ ವಿಡಿಕಾನ್ (vidicon) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಟಿ.ವಿ. ಕ್ಯಾಮರಾದಲ್ಲಿನ ಯುವದ ಸಹಾಯುದಿಂದ, ಬಿಂಬವನ್ನು ದ್ಯುತಿ-ಕ್ಯಾಥೋಡ್ (photocathode) ಮೇಲೆ ನಾಭಿಗೂಡಿಸಲಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವವು ಸೀಷಿಯಂ–ಆಕ್ಸೈಡ್ ಅಥವಾ ಸೀಷಿಯಂ–ಆಂಟಿಮೊನಿ ಕ್ಯಾಥೋಡ್‌ಗಳು. ಫೋಟೋ (ದ್ಯುತಿ) ಕ್ಯಾಥೋಡನ್ನು ಗುರಿ ತೆರೆಯ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಿದ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಿದೆ.

ಬಿಂಬದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಭಾಗದಿಂದ ಬರುವ ದ್ಯುತೀಯ ಅಭಿವಾಹವನ್ನು ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದರಂತೆ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಮಾಡಿ ಬಿಂಬವನ್ನು ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡುವುದು ತತ್ವಶಃ ಸಾಧ್ಯ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪ್ರತಿ ಘಟಕಾಂಶದ ಪ್ರೇಷಣವಾಗುತ್ತಿರುವ ಸಣ್ಣ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಹರಿಯಬೇಕು. ಆದರೆ ಇಂತಹ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳು ಅನಾನುಕೂಲವಾದವುಗಳು ಮತ್ತು ಕ್ಯಾಮರಾ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ದ್ಯುತಿಕೋಶಕ್ಕೆ ಬದಲು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ದ್ಯುತಿಕೋಶಗಳಿರುತ್ತವೆ, ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಪ್ರೇಷಣವಾಗುತ್ತಿರುವ ಬಿಂಬವು ವಿಭಾಗವಾಗಿರುವ

ಘಟಕಾಂಶಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಗ್ರಾಹಕ ತೆರೆಗೆ ಗುರಿ ಎಂದು ಹೆಸರು ಮತ್ತು ಶಬಲ ಖಚಿತ ರಚನೆ (mosaic design) ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಶಬಲ ಖಚಿತ ರಚನೆಯ ಗುರಿ ತೆರೆಯು ಪರಸ್ಪರ ಅವಾಹಕವಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿರುವ ಮತ್ತು ಒಂದು ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಸೀಷಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಹಚ್ಚಿರುವ ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೆಳ್ಳಿಯ ಕಣಗಳಿಂದ ಲೇಪಿತವಾದ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಅಭ್ರಕದ ಫಲಕ. ಪ್ರತಿ ಕಣವೂ ಒಂದು ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ. ಅಭ್ರಕ ಫಲಕದ ಇನ್ನೊಂದು ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಲೋಹದ ಪೊರೆಯನ್ನು ಹಚ್ಚಿದೆ. ಶಬಲ ಖಚಿತದ ಪ್ರತಿ ಕಣಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಲೋಹಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕೆಪಾಸಿಟರ್ ಏರ್ಪಡುವುದು, ಮತ್ತು ಇದು ದ್ಯುತಿಕ್ಯಾಥೋಡಿನಿಂದ ವಿಸರ್ಜಿತವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾಗುವುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಣ್ಣ ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೊತ್ತವು ಅದಕ್ಕೆ ತಾಳೆ ಹೋಗುವ ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಬಿಂಬದಲ್ಲಿನ ಚುಕ್ಕೆಯ ಕಾಂತಿಗೆ ಸಮಾನುಪಾತವಾಗಿರುವುದು ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವುದು.

ಹೀಗಾಗಿ ಲೋಹಫಲಕದ ಮೇಲೆ ವಸ್ತುವಿನ ಒಂದು ಅವ್ಯಕ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಿಂಬವು ಉಂಟಾಗುವುದು. ಫಲಕದಿಂದ ಅದನ್ನು ಹೇಗೆ ತೆಗೆಯುವುದು ? ಪುಸ್ತಕದ ಒಂದು ಪುಟದಲ್ಲಿರುವ ಅಕ್ಷರಗಳ ಸಾಲುಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತ ನಾವು ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ನೋಡುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಫಲಕವನ್ನು ನಿಟ್ಟಿಸಿ ನೋಡುವ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲದ ಸಹಾಯದಿಂದ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲವು ಒಂದು ಕ್ಷಣದ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕೆಪಾಸಿಟರಿನ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥವನ್ನು ಪೂರ್ತಿಮಾಡುವ ಒಂದು ಕೀಲಿಕೈ ಸ್ವಿಚ್ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿರುವುದು. ಪರಿಪಥವು ಪೂರ್ತಿಯಾದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೂ ಬಿಂಬದ ಕಾಂತಿಗೂ ಏಕೈಕವಾದ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದು.

ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪ ಬಳಸುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಲಕರಣಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನೂ ಅನೇಕ ಸಲಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿವರ್ಧನ ಮಾಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಮಾಡಲೇಬೇಕು. ಬಿಂಬವನ್ನು ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲವು ಹೊಳೆಯುತ್ತಿರುವ ತೆರೆಯ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಚುಕ್ಕೆಗಳನ್ನು ಒಂದಾದ ಮೇಲೊಂದರಂತೆ ನಿಟ್ಟಿಸುತ್ತಿದೆ ಎಂಬುದು ಕಣ್ಣಿನ ನೋಟಕ್ಕೆ ಕಾಣಬರದಂತೆ ಇರಬೇಕು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್

ಕಿರಣಜಾಲ ಚಲನೆಯ ಒಂದು ಆವರ್ತದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಟಿ.ವಿ. ಗ್ರಾಹಕದಲ್ಲಿನ ಕೈನಿ-ಸ್ಕೋಪ್ (kinescope) ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಕಾಣಬರುವ ಪೂರ್ಣ ಬಿಂಬಕ್ಕೆ ಒಂದು ಕಟ್ಟು (frame) ಎಂದು ಹೆಸರು. ನೋಡಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಚಿತ್ರವು ಮಿನುಗುವುದು ದೃಷ್ಟಿ ನಿರ್ಬಂಧದಿಂದ (persistence of vision) ಮಾಯವಾಗುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾದ ಆವರ್ತನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಕಟ್ಟುಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತಿರಬೇಕು.

ಹೀಗೆ ಮಿನುಗುವುದಿಲ್ಲದಿರುವ ಕಟ್ಟು ಆವರ್ತನ ಸಂಖ್ಯೆ ಯಾವುದನ್ನು ಆರಿಸಿ ಕೊಳ್ಳಬೇಕು ? ಅದು ಮುಖ್ಯ ಸರಬರಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಒಂದು ಸಂಖ್ಯೆಯಾಗಿರಬೇಕು. ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣನಳಿಕೆಯ ಜಾಲಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ಸ್ಪಂದಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವು ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಹೊಳೆಯುತ್ತಿರುವ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು. ಈ ರೇಖೆಗಳು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿ ಮತ್ತು ಅಗೋಚರವಾಗಿರುವುದು ಕಟ್ಟುಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವಾಗುವ ಆವೃತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಮುಖ್ಯ ಸರಬರಾಯಿಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ಅದರ ಒಂದು ಅಪವರ್ತ್ಯವಾಗಿಯೋ ಇದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ. ಕಟ್ಟುಗಳು ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ 20 Hz ಆವೃತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಚಲನೆಯು ಕಾಣುವುದು; ಟೆಲಿವಿಷನ್‌ನಲ್ಲಿ 25 Hz ಆವೃತ್ತಿಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಬಳಸ ಲಾಗಿದೆ, ಆದರೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಿನುಗುವುದು ಕಾಣಬರುವುದು. ಕಟ್ಟುಗಳನ್ನು 50 Hz ಆವೃತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮಾಡುವುದು ಉಪಯುಕ್ತವಲ್ಲ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಟಿ. ವಿ. ನಿರ್ಮಾಪಕರು, ನಿಟ್ಟಿಸುವ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಕ್ಕೆ **ಹೆಣೆಯುವ** (interlacing) ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರು. ಆವೃತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆ 25 Hz. ಆಗಿಯೇ ಇಟ್ಟು ಕೊಂಡು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಜಾಲವು (ಇದಕ್ಕೆ **ಪರಿಶೋಧಕ ಚುಕ್ಕೆ** ಎಂದು ಹೆಸರು) ಮೊದಲು ಅಸಮಸಂಖ್ಯೆಯ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ನಿಟ್ಟಿಸಿ ಆಮೇಲೆ ಸಮಸಂಖ್ಯೆಯ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ನಿಟ್ಟಿಸುವುದು. ಇದರಿಂದ ಅರ್ಧಕಟ್ಟುಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ಆವೃತ್ತಿಸಂಖ್ಯೆಯು 50 Hzಗೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಬಿಂಬದ ಕಾಂತಿಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಮಿನುಗುವಿಕೆಯು ಗಮನೀಯವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಕಟ್ಟುಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವ ಆವೃತ್ತಿಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಮತ್ತು ರೇಖೆ ರೇಖೆಯಾಗಿ

ನಿಟ್ಟಿಸುವುದೂ ಖಚಿತವಾಗಿ ಸಮಕಾಲಿಕವಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಸಮಕಾಲೀಕರಣ ವಿಧಾನದ ವಿವರಗಳು ನಮ್ಮ ಪುಸ್ತಕದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಮೀರಿರುವವು. ಆದ್ದರಿಂದ ರೇಖೆಯ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಏಕೆ ಅಸಮವಾಗಿರಬೇಕು ಮತ್ತು ಹಲವು ಸಂಪೂರ್ಣ ಅಪವರ್ತನಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಸೋವಿಯತ್ ರಷ್ಯದಲ್ಲಿ ಕಟ್ಟನ್ನು 625, ಅಂದರೆ 5^4 ರೇಖೆಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸಿದೆ. ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 25 ಕಟ್ಟುಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದರಿಂದ, ರೇಖೆಗಳನ್ನು 15 625 Hz ಆವೃತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ನಿಟ್ಟಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ನಿಬಂಧನೆಯಿಂದ ಟಿ. ವಿ. ಸಂಜ್ಞೆಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ತಂಡದ ಅಗಲವು ಗೊತ್ತಾಗುವುದು.

50Hzಗಳ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅರ್ಧ-ಕಟ್ಟು ಆವೃತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆಯಾಗಿರುವುದು, ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಆವೃತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದೇ ಒಂದು ಘಟಕಾಂಶವನ್ನು ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಹಿಡಿಯುವ ಕಾಲದಿಂದ ನಿರ್ಧಾರ ಪಡುವುದು.

ನಾವು ಇಲ್ಲಿ ಮಾಡದಿರುವ ಸರಳವಾದ ಪರಿಕಲನಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುವುದು ಏನೆಂದರೆ ಹೆಚ್ಚು ಮಟ್ಟದ ಆವೃತ್ತಿಸಂಖ್ಯೆಯು 6.5 MHz ಆಗಿರಬೇಕು. ಇದರಿಂದ ವಾಹಕದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ 40 ಅಥವಾ 50 MHz ಆಗಿರಬೇಕು ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ, ಏಕೆಂದರೆ ವಾಹಕ ತರಂಗದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಪ್ರೇಷಣ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ 6 ಅಥವಾ 7 ಸಲಗಳಷ್ಟಿರಬೇಕು. ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಪ್ರಸರಣದಲ್ಲಿ ಏಕೆ ಅತಿ ಹ್ರಸ್ವ ತರಂಗಗಳು ಮಾತ್ರ ಉಪಯುಕ್ತವು ಮತ್ತು ಏಕೆ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಪ್ರೇಷಕ ಆಂಟೆನಾದಿಂದ ದೃಷ್ಟಿರೇಖೆಗೆ ಪರಿಮಿತ ವಾಗಿರುವುದು ಎಂಬುದು ಈಗ ನಮಗೆ ಅರ್ಥವಾಗುವುದು.

ಆದರೆ ಸ್ವಲ್ಪ ತಪ್ಪಿದೆ; ಪರಿಮಿತವಾಗಿದ್ದಿತು ಎಂದು ನಾನು ಬರೆಯ ಬೇಕಾಗಿತ್ತು. ಟಿ. ವಿ. ಗ್ರಹಣವನ್ನು ಯಾವ ದೂರದಿಂದಲೂ ನೆರವೇರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ ಪಡಿಸಿದ ಮುನ್ನಡೆಯು ಸಂಸರ್ಗ ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಏರ್ಪಟ್ಟಿತು. ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಉಪ ಯೋಗಿಸಿದ್ದು ಸೋವಿಯತ್ ರಷ್ಯ. ಈಗ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸೋವಿಯತ್ ರಷ್ಯದಲ್ಲಿ

ಹಲವಾರು ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಸಾಧಿಸಿದ ಸಮಾಚಾರ ಸಂಸರ್ಗಗಳ ವ್ಯಾಪನೆಯಿದೆ.

ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಟಿ. ವಿ. ನೆಲೆಗಳ ರಚನಾಕ್ರಮದ ವಿವರಗಳಿಗೆ ಹೋಗದೆ, ಈಗಿನ ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪವು ಸಂಜ್ಞೆಗಳ ಶಕ್ತಿವರ್ಧನದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುವ ಅಗಾಧ ಸಂಭವಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಹಲವು ಸ್ವಾರಸ್ಯವಾದ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉದಾಹರಿಸುತ್ತೇವೆ. ಶಕ್ತವರ್ಧನಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ, ಸಾಧಾರಣ ವಿಡಿಯೋ (video) ಸಂಜ್ಞೆಯು 10^{-3}W ವರೆಗಿನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು; ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ವರ್ಧಕವು ಈ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷಗಳಷ್ಟು ಸಲಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು. 10^{3} W ಉಳ್ಳ ಈ ಸ್ಪಂದವು 30 ಮೀ. ವ್ಯಾಸದ ಒಂದು ಪರವಲಯಾಕೃತಿಯ (Parabolic) ಆಂಟೆನಾಗೆ ಒಳ ತುಂಬಲಾಗುವುದು. ಈ ಆಂಟೆನಾವು ಉಪಗ್ರಹ ದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವ ಒಂದು ಕಡಿಮೆ ಅನಿಲದ ಸದಿಶ ಕಿರಣಜಾಲವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗವು ಉಪಗ್ರಹದವರೆಗೂ 35,000 ಕಿ.ಮೀ. ದೂರ ಸಾಗಿದ ಮೇಲೆ, ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಕೇವಲ 10^{-11}W.

ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕವು ಈ ಅತಿದುರ್ಬಲವಾದ ಸಂಜ್ಞೆ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಸುಮಾರು 10 W ಗಳವರೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹ ದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಈ ಸಂಜ್ಞೆಯು ಭೂಮಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗಿದಾಗ ಅದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು 10^{-17} W ಆಗಿರುವುದು. ಶಕ್ತಿವರ್ಧನವು ಈ ವಿಡಿಯೋ ಸಂಜ್ಞೆಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಅದರ ಮೊದಲಿನ ಮೌಲ್ಯ 10^{-3} Wಗೆ ಪುನಃ ತರುತ್ತದೆ.

ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಅತ್ಯಂತ ಆಶಾವಾದಿಯಾದ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪಿಯೂ ಕೂಡ ಈ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳನ್ನು ನಂಬುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ.

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಪರಿಪಥಗಳು

ರೇಡಿಯೋ ಯಂತ್ರಶಿಲ್ಪದ ವಿವರಣೆಗೆ ವಿನಿಯೋಗವಾದ ಈ ಅಧ್ಯಾಯವನ್ನು ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತಿರುವ ಹೊಸ ಕ್ರಾಂತಿಯ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಕೆಲವು ಮಾತು ಗಳನ್ನು ಹೇಳದೆ ಮುಗಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ನಮ್ಮ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿರುವ ವಿಷಯವು ಎಲ್ಲಾ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಳಿಸುವ ಅದ್ಭುತ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮ. ನಿರೋಧಕಗಳು, ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರುಗಳು, ಮುಂತಾದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅಂಗಭಾಗಗಳನ್ನು ತಂತಿಯಿಂದ ಸೇರಿಸಿ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ ಬದಲು ಹಲವು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರುಗಳ ಪರಿಮಾಣವುಳ್ಳ ಸಿಲಿಕಾನಿನ ಒಂದು ತುಂಡಿನ ಮೇಲೆ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ತಂತ್ರ ವಿಧಾನ ಗಳಿಂದ "ಎಳೆದಿರುವ" ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಇದು ಸಾಧ್ಯ ವಾಯಿತು.

ಈ ವಿಧ ವಿಧ ರೀತಿಯ ಮುಸುಕುಗಳನ್ನು (ಪೃಚ್ಛಧ mask) ಮತ್ತು *p*–ಮಾದರಿಯ ಮತ್ತು *n*–ಮಾದರಿಯ ಅಶುದ್ಧತೆಗಳನ್ನೂ ಒಂದು ಸಿಲಿಕಾನ್ ಅಥವಾ ಜರ್ಮೇನಿಯಮ್ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಒಳಸೇರಿಸುವುದನ್ನು ಆಗಗೊಡಿಸುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಈ ಹೊಸ ಯಂತ್ರಕಲಾ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು (ಅದರ ಒಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿಯಾದರೂ) ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅಯಾನು–ಕಿರಣ ಜಾಲ ಸಂಸ್ಕರಣ (ion-beam treatment) ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುವುದು.

ಸುಮಾರು ಎರಡು ಮಿಲ್ಲಿಮೀಟರುಗಳ ರೇಖೀಯ ಪರಿಮಾಣದ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೇಲೆ ಸಾವಿರಾರು ಅಂಗ ಭಾಗಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ(!)ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥವನ್ನು ನೆಲೆಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಪರಿಪಥವನ್ನು "ಎಳೆದಿರುವುದು" ಎಂದು ನಾವು ಹೇಳಿದಾಗ, ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಒಂದು ಅರ್ಧವಾಹಕ ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ತುಂಡಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಸಂಸ್ಕರಣ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಸುವುದೇ ಎಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ನಿಮಗೆ ಬಂದಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ಇದು ಹಾಗಲ್ಲ. ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ತೊಡಕಾದವುಗಳು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಅಂಗಭಾಗವೂ ಮೂರು–ಪರಿಮಾಣಗಳ (three-dimensional) ರಚನೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಅಶುದ್ಧತೆಗಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೊತ್ತಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಹಲವಾರು ಪದರಗಳನ್ನು ಸಿಲಿಕಾನಿನ ಒಂದು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೇಲೆ ಕ್ರಮವಾಗಿ ನೆಲೆಗೊಳಿಸಬೇಕು.

ಇದನ್ನು ಹೇಗೆ ಮಾಡಲಾಗುವುದು ? ಮೊದಲಿಗೆ ಆಕ್ಸೈಡಿನ ಒಂದು ಪದರ

ವನ್ನು ಸಿಲಿಕಾನಿನ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಹಚ್ಚಲಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಸಂವೇದಿ (light sensitive) ಪದಾರ್ಥವನ್ನು ಲೇಪಿಸಲಾಗುವುದು. ಹೀಗೆ ದೊರಕಿದ ಪದರ ಬಿಲ್ಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಆಕೃತಿಯ ಒಂದು ಮುಸುಕಿನ ಮೂಲಕ ನೀಲಾತೀತ ದ್ಯುತಿಗೆ ಒಡ್ಡಲಾಗುವುದು. ಸ್ಫುಟಗೊಳಿಸಿದ ಮೇಲೆ ಸಿಲಿಕಾನ್ ತುಂಡಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಮುಸುಕಿನ ಮೂಲಕ ದ್ಯುತಿಯು ಹಾದು ಹೋಗಿರುವ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಗೂಡುಗಳು (ಕುಳಿಗಳು) ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ಮುಂದಿನ ಹಂತವು ನಿರ್ಮಿತವಾಗುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಪರಿಪಥವನ್ನು ಹೈಡ್ರೊಫ್ಲೋರಿಕ್ ಆಮ್ಲದಿಂದ (hydrofluoric acid) ಸಂಸ್ಕರಿಸುವುದು. ಆಮ್ಲವು ಸಿಲಿಕಾನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡನ್ನು ತೆಗೆದು ಹಾಕುತ್ತದೆ ಆದರೆ ಮೊದಲನೆಯ (ಅಂದರೆ ಸಿಲಿಕಾನಿನ) ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲಾಗಲಿ ಅಥವಾ ದ್ಯುತಿ ಸಂವೇದಿ ಪದರದ ಮೇಲಾಗಲಿ ಅದರ ಪ್ರಭಾವವೇನೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂತಿಮ ಹಂತದಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ಸಂವೇದಿ ಪದರವನ್ನು ತೆಗೆದು ಹಾಕುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಇನ್ನೊಂದು ಲೀನಕಾರಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿ, ಅರ್ಧವಾಹಕ ಪದಾರ್ಥದ ಒಂದು ತುಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕ ಪದರವು – ಸಿಲಿಕಾನ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್– ರಚನಾ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿರುವ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಲೇಪಿಸಲ್ಪಡುವುದು, ಬೇಕಾಗಿರುವ ಆಕೃತಿಯುಳ್ಳ ಕುಳಿಗಳು ಬರಿಯ ಸಿಲಿಕಾನ್. ಈ ಕುಳಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ಅಯಾನು ಕಿರಣಜಾಲದಿಂದ ಸಂಸ್ಕರಿಸಿ ಸಿಲಿಕಾನಿನಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯಕವಾದಷ್ಟು ಅಶುದ್ಧತೆಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರ ಮಾಡಲಾಗುವುದು (dope).

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಪರಿಪಥಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯು ಇಂದಿನ ಯಂತ್ರ ಶಿಲ್ಪದ ಅತ್ಯಂತ ತ್ವರೆಯಿಂದ ಮುನ್ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು.

ಅರ್ಧವಾಹಕಗಳ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿನ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಹೊಸದಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ವಿಷಯಗಳಿಂದಲೂ ತೋರಿಬರುವುದೇನೆಂದರೆ ಈಗಾಗಲೇ ಸಾಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಅದ್ಭುತ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಕೇವಲ ಆರಂಭ ಸಾಧನೆ ಮಾತ್ರವಾಗಿರುವವು.

ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಸೂಚಿ

ಅನುನಾದಕ	—	Resonator
ಅನುಕಾಂತೀಯ	—	Paramagnetic
ಅತಿತರಲತೆ	—	Superfluidity
ಅಯಾನು	—	Ion
ಅಯಾನಕಾರಕ	—	Ionizer
ಅಯಾನೀಕರಣ	—	Ionization
ಅಯಾನುಮಂಡಲ	—	Ionosphere
ಅಯಾಸ್ಸಂಯುಕ್ತ	—	Ferrous
ಅಭಿಲಕ್ಷಣಿಕ ರೇಖೆ	—	Characteristic
ಅಳಿಲು ಪಂಜರ	—	Squirrel cage
ಆಘಾತ	—	Impulse
ಆವರ್ತಕ	—	Rotor
ಆವರ್ತ ಕೋಷ್ಟಕ	—	Periodic table
ಆವರ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ	—	Eddy current
ಉರುಳು ನೀರ್ಗಲ್ಲು	—	Avalanche
ಊಹಾ ಪ್ರತಿಜ್ಞೆ	—	Hypothesis
ಏಕಮುಖ ಪ್ರವಾಹ	—	Direct current
ಏಕರೂಪದ	—	Uniform
ಏಕ ಸಂಯೋಜಕ	—	Monovalent
ಋಣಾಯನು	—	Anion
ಧನಾಯನು	—	Cation
ಕಾಂತಸೂಜಿ	—	Magnetic needle
ಕ್ವಾಂಟೀಕರಣ	—	Quantization
ಕುಂಭಕಲೆ	—	Ceramics
ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ ಫಲನ	—	Workfunction
ಕ್ಷೇತ್ರ	—	Field
ಕಾಂತೀಯ ಭ್ರಾಮಕ ಶಕ್ತಿ, ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ	—	Magnetic moment

ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ — Magnetic induction
ಕಾಂತೀಯ ಅಭಿವಾಹ — Magnetic flux
ಕಾಂತೀಯ ಅವಮಂದನ — Magnetic damping
ಕಾಂತೀಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆ — Magnetic permeability
ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿ — Magnetic susceptibility
ಕಾಂತೀಯ ದಿಕ್ಪಾತ — Magnetic declination
ಕಾಂತಾವನತಿ — Magnetic dip
ಕಕ್ಷೀಯ — Orbital
ಕಲ — Phase
ಕಲಾಂತರ — Phase shift
ಕಲಕೋನ — Phase angle
ಕಾಂತ ಜಡತ್ವ — Hysteresis
ಕಲ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ — Phase voltage
ಕೋಟಿಜ್ಯಾ — Cosine
ಕುಂಡಲಿನಿ — Helix
ಕಿಡಿ — Spark
ಕಿಡಿ ಅಂತರ — Spark gap
ಕ್ರಕಚದಂತ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ — Saw tooth voltage
ಗುಣಾವಲಂಬಿ — Qualitative
ಚೆಂಡು ಮಿಂಚು — Ball lightning
ಚಲನ ಶೀಲತೆ — Mobility
ಜಾಲ — Grid
ತೀವ್ರತೆ — Intensity
ತುಂತುರು ಯಂತ್ರ — Atomizer
ತಳಸ್ಥಿತಿ — Groundstate
ತಾಪವೈದ್ಯುತ — Thermoelectric
ತಾಪವೈದ್ಯುತ ಯುಗ್ಮ — Thermoelectric couple
ತಾಪಾಯನಿಕ ವಿಸರ್ಜನೆ — Thermionic emission
ತರಂಗಾಗ್ರ — Wave front
ತರಂಗಸೂಚಕ — Coherer

ದ್ವಿಧ್ರುವ — Diode
ದ್ವಿಸಂಯೋಜಕ — Bivalent
ದಿಕ್‌ವಿನ್ಯಾಸ — Orientation
ದಿಕ್‌ಪರಿವರ್ತಕ — Commutator
ಧ್ರುವಣ — Polarization
ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ — Photo electric effect
ನಿಯಂತ್ರಣ — Modulation
ನಿರೋಧ — Resistance
ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕ — Quantitative
ಪೀಡನ ವೈದ್ಯುತ — Piezoelectric
ಪರಿವೇಷ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆ — Corona discharge
ಪ್ರಭಾವಕ್ಷೇತ್ರ — Domain
ಪ್ರಸಕ್ತ ನಿಯತಾಂಕ — Parameter
ಪ್ರವಾಹಿ — Fluid
ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ — Alternating electric current
ಪ್ರತಿಕಾಂತೀಯ — Diamagnetic
ಪುರಾಕಾಂತೀಯ — Paleomagnetic
ಪ್ರೇರಕತ್ವ — Inductance
ಪ್ರೇರೇಪಣೆ ಕುಲುಮೆ — Induction furnace
ಪ್ರತಿರೋಧಕ ಕುಂಡಲಿ — Choke
ಪ್ರೇರೇಪಕ ಪ್ರತಿಘಾತ — Inductive reactance
ಪ್ರತಿಸಮಾಂತರ — Antiparallel
ಪರಿಮಾಣ ಕೋಟಿ — Order of magnitude
ಪರಮಾಣು ಬೀಜಶಕ್ತಿ ಕ್ರಿಯಾಕಾರಿ — Nuclear power reactor
ಬಲ ರೇಖೆ — Line of force
ಭ್ರಮಣ ಚಲನೆ — Spin
ಭಂಗವಿದ್ಯುದ್ಬಲ — Breakdown voltage
ಬಂಧಿತ — Bound
ಮಾತೃಕೆ — Prototype
ಮುಕ್ತ — Free
ಮಾರ್ಗ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ — Line voltage

ಮಂದಗತಿ ವೇಗ — Drift velocity
ರೂಕ್ಷತೆ — Roughness
ರೇಖಾಫಲಕ — Grating
ಲೋಹ ವೈದ್ಯುತ — Ferroelectric
ವಹನ — Conduction
ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಕೋಶ — Storage battery
ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ — Dielectric
ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಪಥ — Electric circuit
ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ — Voltage
ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಬಲ — Electromotive force (emf)
ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನ — Discharge
ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಮಾಡು — Charge (verb)
ವಿದ್ಯುತ್ ಅಭಿವಾಹ — Electric flux
ವಿದ್ಯುದ್ವಿಶ್ಲೇಷ್ಯ — Electrolyte
ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಚಯನಾಂಕ — Electric capacitance
ವಿದ್ಯುತ್ದರ್ಶಿ — Electroscope
ವಿದ್ಯುತ್ಶೀಲತೆ (ಪರಾವೈದ್ಯುತಾಂಕ) — Permittivity
ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಭವ — Potential difference
ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯ — Neutral
ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಪವಿಸರ್ಜನೆ — Arc discharge
ವಿದ್ಯುತ್ ಲೋಹವಿದ್ಯೆ — Electrometallurgy
ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕತ್ವ — Electric conductivity
ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತತೆ — Electromagnetism
ವಿದ್ಯುತ್ ಗತಿಕ — Electrodynamic
ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ — Electromagnetic induction
ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಪರಿವರ್ತಕ — Transformer
ವಿದ್ಯುತ್ ಕೂರ್ಚ — Brush
ವಿಯೋಜನ — Dissociation
ವಿಕ್ಷೇಪಕ ಫಲಕಗಳು — Deflector plates
ವಿಸರಣ — Diffusion

ವಕ್ರೀಕರಣ — Refraction
ವಕ್ರೀಕರಣದ ಸೂಚ್ಯಂಕ — Refractive index
ವ್ಯತಿಕರಣ — Interference
ವಿವರ್ತನ — Diffraction
ವರ್ಣಕತೆ — Chromaticity
ಶಕಲ — Quantum
ಶಕ್ತಿ ತಂಡ — Energy band
ಸ್ಫುರಣಶೀಲ (ಪ್ರದೀಪ್ತಶೀಲ) — Fluorescent
ಸ್ಪಂದ — Pulse
ಸಂಯೋಜಕ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ — Valency
ಸಂಯೋಜನಶೀಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ — Valence electron
ಸಮಸೂತ್ರತೆ — Symmetry
ಸಹಜಜ್ಞಾನ — Intuition
ಸನ್ನಿಕಟನ — Approximation
ಸೂಕ್ಷ್ಮಗ್ರಾಹಿ — Sensitive
ಸ್ಪರ್ಶಜ್ಯಾ — Tangent (of angle)
ಸಂವೃತ್ತ ಪರಿಪಥ — Closed circuit
ಸ್ವಪ್ರೇರೇಪಣೆ — Self inductance
ಸಂಚಯನಾತ್ಮಕ ಪ್ರತಿಘಾತ — Capacitive reactance
ಕಿಡಿ — Spark
ಕಿಡಿ ಸುರುಳಿ — Spark coil
ಸ್ಥಿರದಂಡ — Stator
ಸಂಸೂಚಕ — Detector
ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಧ್ವನಿವರ್ಧಕ — Microphone
ಸಾಗುತಂಡ — Passband
ಸೂಕ್ಷ್ಮಮಾಪಿ ತಿರುಪು — Micrometer screw

ಜನಪ್ರಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪುಸ್ತಕ 3

ಮಿರ್ ಮಾಸ್ಕೋ
ಪ್ರಕಾಶನ
ಬೆಂಗಳೂರು
ನವಕರ್ನಾಟಕ ಪಬ್ಲಿಕೇಷನ್ಸ್ ಪ್ರೈವೇಟ್ ಲಿಮಿಟೆಡ